

Un modelo de simulación de una estación de gasolina

A simulation model of a gas station

Ramírez, Vicente ^{1,2*}; Patete, Ricardo ¹; Barrera, Javier ¹; Venegas, Maibeth ¹; Dugarte, Germán ¹

¹Escuela de Ingeniería de Sistemas (EISULA); ²Centro de Simulación y Modelos (CESIMO)

Facultad de Ingeniería, ULA

Mérida 5101, Venezuela

*vicente@ula.ve

Resumen

Este trabajo presenta un modelo de simulación de una estación de gasolina, utilizando la metodología de Dinámica de Sistemas. Los valores de los parámetros del sistema tales como tasas de recarga y venta de gasolina, niveles de gasolina de 91 y 95 octanos, y nivel de fondos fueron estimados a través de entrevistas con el personal involucrado y documentación proporcionada por algunas estaciones de servicio. La validación del modelo se hizo con la ayuda de expertos en el tema. El proceso de modelado ha permitido identificar algunos problemas que han generado desabastecimiento (ineficiencia e ineficacia tanto organizacional como logística, crecimiento poblacional, uso derrochador de combustible barato y desinformación en cuanto al tipo de gasolina a usar en los vehículos) y varios escenarios han permitido evaluar la situación financiera de una estación de gasolina ante cambios en la relación de venta de gasolina de 91 y 95 octanos así como un incremento en los precios. Los resultados sugieren que la composición de la demanda aunado a la estructura establecida para el almacenamiento de combustible, así como los precios fijos y bajos, pueden alterar el nivel de ingresos de una estación de gasolina, colocando en riesgo su estabilidad financiera.

Palabras clave: Modelado, simulación, gasolina, estación de servicio, dinámica de sistemas, Venezuela.

Abstract

This paper presents a simulation model of a gas station, using the Systems Dynamics methodology. System parameters such as rates of discharge and sale of gasoline, storage levels of both 91 and 95 octane gasoline, and funding level were estimated by interviewing the staff of local gas stations and by studying documentation provided by them. Model validation was accomplished through consultation with experts on the subject. The modeling process has led to the identification of problems that have created shortages including inefficiency and ineffectiveness both organizational and logistical, population growth, wasteful use of cheap fuel and misinformation as to which type of gasoline is right for a particular vehicle. The analysis of various scenarios showed that the financial feasibility of a gas station is dependent on/affected by the ratio of sales of 91 to 95 octane gasoline, their prices and the structure established for the storage of gasoline. The results suggest that the composition of the demand coupled with the structure established for the storage of gasoline as well as fixed and low prices may alter the income level of a gas station, putting at risk its financial stability.

Key words: Modeling, simulation, gas, gas station, systems dynamics, Venezuela.

1 Introducción

La gasolina en Venezuela se vende al precio más bajo en el mundo y está regulado, lo que ha hecho, en parte, que su consumo se haya incrementado en los últimos años. También, la producción e importación de vehículos ha aumentado dramáticamente, contribuyendo al aumento de la demanda de gasolina. Se comercializan dos tipos de gasolina: de 91 octanos y de 95 octanos. La comercialización está a cargo de las estaciones de servicio, las cuales compran la

gasolina directamente a Petróleos de Venezuela SA (PDVSA).

La gasolina de 95 octanos es demandada por el 80% de los consumidores, sin embargo, el porcentaje de vehículos que sólo pueden funcionar utilizando este tipo de gasolina es del 40% de la población total de consumidores, ya que muchos usuarios que pueden surtir su vehículo con gasolina de 91 octanos prefieren usar gasolina de 95 octanos.

En este trabajo se describe una estación de servicio típica de las ubicadas en la ciudad de Mérida, tomando en

cuenta solamente la comercialización de gasolina de 91 y 95 octanos.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo de simulación de la comercialización de gasolina en una estación de servicio típica de la ciudad de Mérida, utilizando la metodología de la Dinámica de Sistemas descrita en Forrester (1961) y Sterman (2000). En tal sentido, siguiendo dicha metodología, en la sección 2 se describe el sistema real y las hipótesis dinámicas a partir del comportamiento histórico, haciendo particular énfasis en los problemas que afectan el funcionamiento de las estaciones de gasolina. A partir de dicha descripción, en la sección 3 se presenta un modelo genérico para representar una estación de gasolina. En la sección 4 se muestran resultados de la simulación base y de la validación y verificación del modelo. En la sección 5 se analizan los resultados de algunos escenarios propuestos a la luz de los problemas identificados. Finalmente, en la sección 6 se presentan algunas notas finales.

2 Sistema real

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos, que se utiliza como combustible en motores de combustión interna con encendido a chispa. Cuando se quema la gasolina en el interior del cilindro del motor del automóvil, la explosión debe ser tal que empuje al pistón de forma suave y continua. Si la combustión es demasiado rápida, se produce una detonación que hace que el pistón reciba un golpe brusco y se reduzca la eficiencia del motor. Las gasolinas que tienen un alto octanaje producen una combustión más suave y efectiva. El octanaje de una gasolina se obtiene por comparación del poder detonante de la misma con el de una mezcla de iso octano y heptano. Al iso octano se le asigna un poder antidetonante de 100 y al heptano de 0. Una gasolina de 95 octanos se comporta, en cuanto a su capacidad antidetonante, como una mezcla que contiene el 95% de iso octano y el 5% de heptano (Varela, 2000).

Se define una estación de gasolina como un punto de venta de gasolina para el abastecimiento de vehículos automotores. Una estación de gasolina está constituida por un cierto número de máquinas expendedoras de gasolina al detal, los tanques almacenadores de los diferentes tipos de gasolina, y el espacio destinado a la atención y suministro de gasolina a los vehículos. Existen otros factores que son influyentes en el funcionamiento de una estación de gasolina, tales como: la(s) gandola(s) que hace(n) el transporte de gasolina desde el distribuidor hasta la estación, los empleados, el número de máquinas expendedoras, entre otros.

En Venezuela, para el año 2008, se consumieron casi 750000 barriles (de 159 litros) de combustibles líquidos diarios, 70% de los cuales fueron gasolina (Grisanti y Oliveros, 2008). Esto quiere decir que en ese año diariamente se consumieron aproximadamente 84 millones de litros de gasolina, cantidad de la cual, 64 millones fueron consumidos por vehículos automotores.

José Suárez de la firma Petrofinanzas declara, que para

el año 2009 el consumo de gasolina para vehículos automotores en Venezuela descendió de 64 a 59 millones de litros de gasolina diarios. Esto no se debió a la caída de las ventas de vehículos, sino a que los usuarios “tienen” menos dinero. Los usuarios redujeron los viajes largos de placer los fines de semana o en los “puentes”, porque la inflación los espera en las carreteras: restaurantes, posadas, gastos imprevistos y generales (El NACIONAL, 2009a).

El presidente de la Federación Nacional de Asociación de Empresarios de Hidrocarburos (FENEGAS), Guiseppe Gherardi indica que desde hace algunos años se han venido notando problemas puntuales en el suministro de gasolina de 95 octanos en las estaciones de servicio a nivel nacional y esto se debe, principalmente, a la alta demanda que hay de este tipo de gasolina frente a la de 91 octanos, y no a un problema de producción (Últimas Noticias, 2009).

A esta situación, se suma que las estaciones de gasolina fueron diseñadas para tener mayor almacenaje de gasolina de 91 octanos, pues se pensó que el combustible más barato tendría el mayor consumo. Pero desde hace dos años aproximadamente, esta tendencia se ha revertido (Últimas Noticias, 2009).

Los consumidores prefieren pagar un poco más por la gasolina más refinada. Y es que llenar un tanque con una capacidad de 40 litros con gasolina de 95 octanos cuesta Bs. 3.88 (Bs. 0.097 el litro), mientras que, con la de 91 octanos, cuesta Bs. 2.80, (Bs. 0.070 el litro); la diferencia es de casi un bolívar fuerte solamente (Últimas Noticias, 2009).

El 80% de la gasolina que se vende es de 95 octanos y el 20% restante es de 91 octanos (Últimas Noticias, 2009). Esto combinado al hecho de que la capacidad de almacenaje de gasolina de 95 es mucho menor que la de 91, trae como consecuencia escasez de gasolina de 95 octanos en reiteradas ocasiones. Los organismos competentes están evaluando alternativas para cambiar la proporción de demanda, para llegar a una situación en la cual la proporción sea 60% y 40% (El NACIONAL, 2009b).

En Venezuela una estación de servicio normal vende entre 500000 y 600000 litros mensuales, tienen 3 tanques de gasolina de 35000 litros cada uno, de los cuales 2 se usan para almacenar gasolina de 91 octanos y 1 para la de 95 octanos (El NACIONAL, 2009b).

Las gandolas, en promedio, transportan entre 35000 y 42000 litros. —Ocasionalmente, ocurre que las estaciones se quedan sin combustible por falta de transporte o mal funcionamiento del mismo (El NACIONAL, 2009b).

Adicionalmente, PDVSA afronta otro problema, el 65% de la capacidad instalada de los tanques de llenado en el distribuidor está dispuesta para el expendio de la gasolina de 91 octanos, y el restante 35% es para la de 95 octanos (El NACIONAL, 2009c). Esto es un factor que afecta altamente las decisiones tomadas en las estaciones de gasolina ya que se tienen mayores limitantes para la compra del tipo de gasolina que posee mayor demanda dentro de la estación.

Las estaciones de venta de combustible en Venezuela

han venido presentando progresivamente inconvenientes al abastecer a los consumidores que solicitan este recurso. Sin embargo, este problema de abastecimiento no tiene el mismo comportamiento en todas las estaciones de venta.

PDVSA asigna a cada estación de servicio una cantidad de cupos mensuales para solicitar gasolina, de acuerdo a su capacidad de transporte.

Una gandola no siempre descarga toda la gasolina que transporta. Puede darse el caso de que quede gasolina en el tanque de la gandola luego de realizar la descarga en la estación, y que ésta se descargue posteriormente cuando haya capacidad en el tanque de la estación.

Una gandola con capacidad de 40000 litros tarda aproximadamente entre 1 hora, y 1 hora y 20 minutos en descargar toda la gasolina en la estación.

En la tabla 1 se muestran los precios de compra y venta de gasolina de 91 y 95 octanos respectivamente para las estaciones de servicio de Venezuela, obtenidos mediante entrevistas a los empleados de las diferentes estaciones de servicio muestreadas.

Tabla 1. Relación entre los precios de compra y venta de gasolina

Tipo de Gasolina	Costo de Compra	Precio de Venta
91 octanos	0.038 Bs/litro	0.070 Bs/litro
95 octanos	0.048 Bs/litro	0.097 Bs/litro

Las gandolas pertenecientes a las estaciones de gasolina PDV realizan 5 viajes por semana para cargar combustible. Estos pedidos se realizan sin necesidad de medir el tanque para ver cuál es su nivel, sino que ya se conoce por experiencia cada cuánto se debe solicitar combustible. Cada día y medio se realiza un pedido.

Como resultado de prejuicios y temores por parte de los propietarios de las estaciones de servicio, se ha desarrollado una actitud poco comunicativa en lo que a compartir información se refiere. A pesar del carácter académico de la investigación que se llevó a cabo, en todas las ocasiones que se quiso obtener mayor información sobre el funcionamiento de alguna estación de gasolina se ha percibido una fuerte reacción cerrada y negada a compartir cualquier tipo de información por parte de los propietarios y administradores. Se pudo saber, por medio de los expendedores de gasolina (bomberos, como se les conoce en Venezuela), que esta actitud se debe al historial de secuestros y amenazas que los empresarios han sufrido y que los han marcado significativamente.

Se realizó un muestreo en 5 estaciones de servicio de la ciudad de Mérida, esto con el fin de construir las hipótesis dinámicas que sirvieran de base histórica para correr el modelo. Este muestreo se realizó registrando el número de vehículos que llegaban a surtir combustible, durante varios días no consecutivos y durante horas no consecutivas. Los datos de las horas en las que no se realizó el muestreo fue-

ron obtenidos extrapolando los valores obtenidos en las horas muestreadas y mediante entrevistas a los bomberos que laboran en las estaciones de servicio.

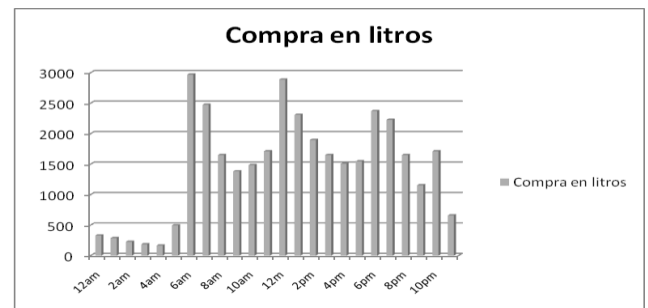


Fig. 1. Promedio de litros de gasolina vendidos, en las estaciones muestreadas

En las estaciones de servicio muestreadas se observa que la venta de gasolina (ver Fig. 1) se incrementa en las horas pico (6:00 am, 12:00 pm y 6:00 pm), también alrededor de las 10:00 pm se observa un incremento de la venta de combustible, debiéndose esto a que las unidades de transporte público recargan combustible a esa hora. En las demás horas del día se observa una venta menor que la de las horas pico, sin embargo este decremento no es muy significativo. En las horas de la madrugada (de 12:00 am a 5:00 am) la venta de combustible es muy baja en comparación con las otras horas, debido a la poca circulación de vehículos.

3 Modelo propuesto de una estación de gasolina

El modelo fue desarrollado utilizando la herramienta computacional VensimPLE (Vensim, 2010). A continuación se presentan los supuestos del modelo y cada una de las estructuras que abstraen las variables de estado identificadas en el sistema real.

3.1 Supuestos del modelo

a) La estación de gasolina tiene dos tanques de almacenamiento, uno para cada tipo de gasolina. Si tiene más de un tanque por tipo de gasolina, se supone la capacidad conjunta. b) La gasolina se transporta a través de una gandola de 42000 litros, que pertenecen a la estación de gasolina, desde las estaciones de suministro de PDVSA. c) La medición de la cota de activación se realiza una vez al día por parte del personal de la estación de gasolina. En el modelo la verificación de la activación se hace cada hora. d) La estación de servicio vende gasolina siempre y cuando supere la cota mínima establecida legalmente para casos de emergencia.

La notación usada en las ecuaciones para cada una de las variables o de los parámetros no corresponde a la de los diagramas, esto con el fin de escribir las ecuaciones de ma-

nera abreviada (la equivalencia entre ambas notaciones se coloca entre paréntesis la primera vez que aparecen).

3.2. Estructura del nivel Gasolina 95

La Fig. 2 muestra la estructura correspondiente al nivel Gasolina 95, en la cual se observan los diferentes flujos y variables auxiliares con los cuales se ha modelado.

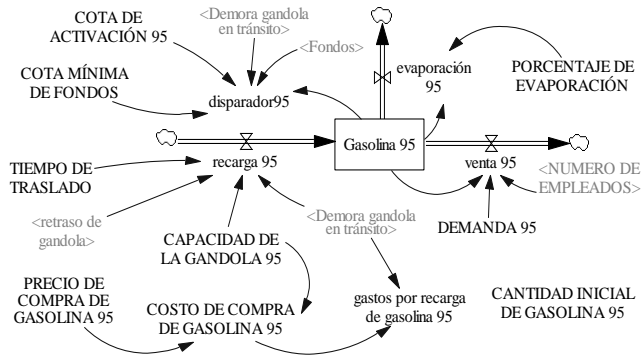


Fig. 2. Estructura del nivel Gasolina 95

La variable nivel Gasolina 95 (G95, en litros) es modificada por tres tasas. La tasa venta 95 (v95, en litros/hora) disminuye el nivel en la cantidad de gasolina de 95 octanos despachada por la estación a los clientes en un hora. La tasa evaporación 95 (e95, en litros/hora) modela la evaporación natural de la gasolina almacenada en el tanque (un porcentaje muy pequeño de la cantidad de gasolina almacenada). Por último, la tasa recarga 95 (r95, en litros/hora), aumenta el nivel Gasolina 95, la cual es cero mientras no se esté recargando el tanque y diferente de cero en el intervalo de tiempo en el que se esté haciendo una recarga. Al inicio de la simulación hay una CANTIDAD INICIAL GASOLINA 95 (CIG95, en litros). Ver ecuación 1¹.

$$G95 = \text{INTEG} (r95 - e95 - v95, CIG95) \quad (1)$$

$$e95 = \text{PORCENTAJE DE EVAPORACIÓN} * G95 \quad (2)$$

La venta 95 será igual a la DEMANDA 95 (D95), siempre y cuando haya Gasolina 95 por arriba de la cota mínima establecida (3000 litros) y el NUMERO DE EMPLEADOS (NE) sea diferente de cero (suponiendo que un empleado logra atender la demanda). La demanda 95 se ha modelado como el promedio de combustible vendido por hora.

$$v95 = \text{IF}(G95 \leq 3000) : \text{OR} : (NE = 0) \text{ THEN}(0) \text{ ELSE}(D95) \quad (3)$$

¹ Un nivel se escribe en Vensim en forma de ecuación con la palabra INTEG. En las ecuaciones se agregan algunas palabras reservadas del Vensim para indicar funciones tales como el IF THEN ELSE (condicional) OR (o lógico), AND (y lógico), etc.

La recarga 95 en el tanque de la estación será igual a la CAPACIDAD GANDOLA 95 (CG95) cuando la variable nivel Demora gandola en tránsito (Dgtran) alcanza el valor de la suma de TIEMPO DE TRASLADO (TT) y retraso de gandola. Dicha suma considera el tiempo de traslado de la gandola desde que parte de la estación hasta su regreso luego de la recarga en el distribuidor, incluido algún retraso.

$$r95 = \text{IF} (Dgtran = TT + RG) \text{ THEN} (CG95) \text{ ELSE} (0) \quad (4)$$

La CAPACIDAD GANDOLA 95 es un parámetro que refleja la capacidad de transporte de gasolina de 95 octanos que posee la gandola de la estación. El TIEMPO DE TRASLADO es el tiempo que toma a la gandola ir a buscar la gasolina al distribuidor, cargar, volver y descargar la gasolina en el tanque de la estación.

La variable disparador 95 (dis95, Dmnl) alerta cuando el nivel Gasolina 95 alcanza la COTA DE ACTIVACION 95 (CA95) y el nivel Fondos (F) supera la COTA MINIMA DE FONDOS (CMF) o cuando el nivel Gasolina 95 alcanza la COTA DE ACTIVACION 95 y el nivel Demora gandola en tránsito (Dgtran) es mayor que cero. El disparador toma el valor uno (1) y se mantendrá así mientras se cumpla alguna de las dos condiciones antes descritas, de lo contrario toma el valor 0.

$$\text{dis95} = \text{IF}(((G95 \leq CA95) : \text{AND} : F > CMF) : \text{OR} : ((G95 \leq CA95) : \text{AND} : Dgtran > 0)) \text{ THEN} (1) \text{ ELSE} (0) \quad (5)$$

La COTA DE ACTIVACION 95 refleja la cantidad mínima de gasolina a la cual debe descender el nivel Gasolina 95 para solicitar recarga. La COTA MINIMA DE FONDOS refleja la cantidad mínima de capital disponible para poder solicitar la recarga de combustible al distribuidor. El COSTO GASOLINA 95 (COSTG95) es la cantidad de dinero que paga la estación al distribuidor por litro de gasolina de 95 octanos. La cantidad de dinero que se paga por la gasolina de 95 octanos se calcula en costo de compra de gasolina 95 (cG95, Bs.).

$$cG95 = CG95 * \text{COST}tG95 \quad (6)$$

El gasto por recarga de gasolina 95 (grG95, Bs.) es una variable que representa el pago por la compra de gasolina de 95 octanos, se realiza durante la primera hora de traslado que emplee la gandola. Ésta tomará el valor de costo de compra de gasolina 95 cuando se haga efectivo el pago y de cero en caso contrario, de acuerdo a la ecuación (7):

$$\text{grG95} = \text{IF} (Dgtran = 1) \text{ THEN} (cG95) \text{ ELSE} (0) \quad (7)$$

3.3. Estructura del nivel Gasolina 91

La Fig. 3 muestra la vista correspondiente al nivel Gasolina 91, en la cual se observan los flujos y las variables

auxiliares con los cuales se ha modelado. La estructura es idéntica a la descrita para el nivel Gasolina 95, con lo cual se hace uso del concepto de estructura genérica para modelar este nivel, adecuando los valores de los parámetros correspondientes. Por razones de espacio no se detallan las ecuaciones de este nivel.

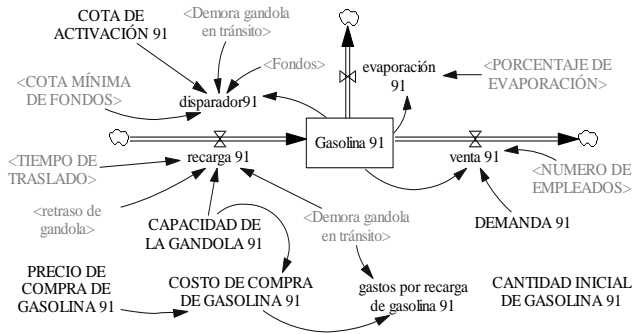


Fig. 3. Estructura del nivel Gasolina 91

3.4. Estructura del nivel Demora gandola en tránsito

La Fig. 4 muestra la vista correspondiente al nivel Demora gandola en tránsito, en la cual se observan los flujos y las variables auxiliares con los cuales se ha modelado.

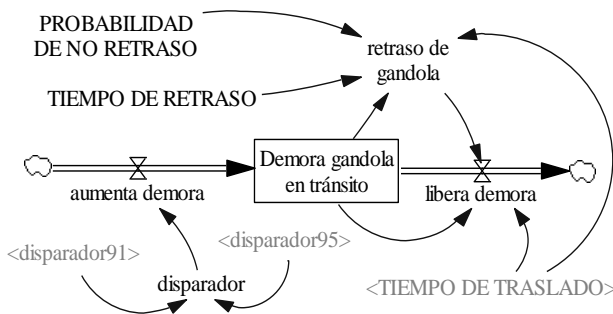


Fig. 4. Estructura del nivel Demora gandola en tránsito

La variable nivel Demora gandola en tránsito (Dgtran, en horas) acumula la demora (tiempo transcurrido) que implica para la gandola hacer el recorrido desde la estación de servicio hasta el distribuidor, ser cargada y regresar a la estación para la recarga de los tanques.

$$Dgtran = INTEG (aumenta demora - libera demora, 0) \quad (8)$$

La tasa aumenta demora incrementa el nivel (la demora de la gandola en tránsito) en una unidad por hora transcurrida mientras el disparador esté activo (sea igual a uno), de acuerdo a lo expresado en la ecuación (9).

$$aumenta demora = IF(disparador=1) THEN (1) ELSE (0) \quad (9)$$

Una vez alcanzada la demora total, entendida como la

suma entre TIEMPO DE TRASLADO+retraso de gandola+1, la tasa libera demora reinicia el nivel dejándolo en cero, y de esta manera queda preparado para comenzar otro recorrido de la gandola, de acuerdo a la ecuación 10.

$$libera demora = IF (Dgtran=TIEMPO DE TRASLADO+retraso de gandola) THEN (TIEMPO DE TRASLADO+retraso de gandola +1) ELSE (0) \quad (10)$$

La variable disparador (disp) activa el flujo aumenta demora del nivel Demora gandola en tránsito cuando tanto el disparador 91 (disp91) como el disparador 95 (disp95), calculados en las estructuras anteriores, son iguales a uno, es decir, se envía la gandola por gasolina al distribuidor.

$$disp = IF((disp91=1):AND:(disp95=1))THEN(1)ELSE(0) \quad (11)$$

El TIEMPO DE TRASLADO de la gandola, en condiciones normales, fue estimado de acuerdo a la experiencia de los administradores de la estación. Sin embargo, algunas veces puede darse un retraso de gandola, tiempo adicional al de traslado normal debido a fuerzas externas tales como derrumbes, protestas, etc. que pudieran ocurrir en la vía. Se ha modelado como un valor constante que puede agregarse al tiempo de traslado de acuerdo a cierta PROBABILIDAD DE RETRASO, según lo describe la ecuación (12).

$$retraso de gandola = IF (Dgtran = TIEMPO DE TRASLADO:AND:RANDOM 0 1())<=(1-PROBABILIDAD DE RETRASO) THEN (0) ELSE (TIEMPO DE RETRASO)(12)$$

3.5. Estructura del nivel Fondos

La Fig. 5 muestra la vista correspondiente al nivel Fondos, en la cual se observan los flujos y las variables auxiliares con los cuales se ha modelado.

La variable nivel Fondos (Bs.) acumula la cantidad de dinero disponible por la estación de servicio. La tasa ingresos (Bs/hora) aumenta el nivel en la cantidad de Bolívares recaudados por la venta de ambos tipos de gasolina en una hora. La tasa egresos (Bs/hora) disminuye el nivel de acuerdo a los GASTOS OPERACIONALES, el pago de salarios y los gastos por recarga de gasolina. Las ecuaciones 13 a 18 muestra cómo son calculadas en el modelo.

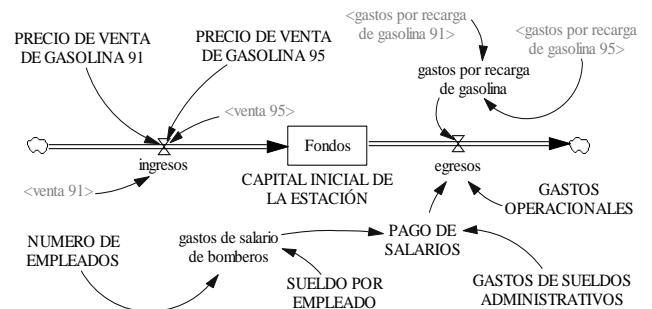


Fig. 5. Estructura del nivel Fondos

$$\text{Fondos} = \text{INTEG}(\text{ingresos} - \text{egresos}, \text{CAPITAL INICIAL}) \quad (13)$$

$$\text{ingresos} = ((\text{PRECIO DE VENTA DE GASOLINA 91} * \text{venta 91}) + (\text{PRECIO DE VENTA DE GASOLINA 95} * \text{venta 95})) \quad (14)$$

$$\text{egresos} = (\text{GASTOS OPERACIONALES} + \text{gastos por recarga de gasolina} + \text{pago de salarios}) \quad (15)$$

$$\text{pago de salarios} = \text{gastos de salario de bomberos} + \text{SUELDOS ADMINISTRATIVOS} \quad (16)$$

$$\text{gastos de salario de bomberos} = \text{NUMERO DE EMPLEADOS} * \text{SUELDO POR EMPLEADO} \quad (17)$$

$$\text{gastos por recarga de gasolina} = \text{gastos por recarga de gasolina 91} + \text{gastos por recarga de gasolina 95} \quad (18)$$

Tabla 2. Valor de los parámetros para la corrida base

Parámetro	Valor	Unidad
COTA DE ACTIVACION 91	60000	Litros
COTA DE ACTIVACION 95	30000	Litros
COTA MINIMA DE FONDOS	5000	Bs.
CAPITAL INICIAL DE LA ESTACIÓN	10000	Bs.
CAPACIDAD GANDOLA 91	24000	Litros
CAPACIDAD GANDOLA 95	16000	Litros
CANTIDAD INICIAL GASOLINA 95	10000	Litros
CANTIDAD INICIAL GASOLINA 91	60000	Litros
COSTO GASOLINA 91	0.038	Bs.
COSTO GASOLINA 95	0.048	Bs.
PRECIO DE VENTA GASOLINA 91	0.070	Bs./litro
PRECIO DE VENTA GASOLINA 95	0.097	Bs./litro
DEMANDA 91	420	litros/hora
DEMANDA 95	975	litros/hora
PORCENTAJE DE EVAPORACIÓN	1e-005	litros/hora
PROBABILIDAD DE RETRASO	0.2	Sin dimensión
NUMERO DE EMPLEADOS	3	Personas
SUELDO POR EMPLEADO	5.1667	Bs./(hora*Persona)
SUELDO ADMINISTRATIVO	5.5	Bs./hora
GASTOS OPERACIONALES	2.03	Bs/hora
TIEMPO DE TRASLADO	7	Horas
TIEMPO DE RETRASO	10	Horas

El parámetro GASTOS OPERACIONALES es la cantidad de dinero que se paga por motivo de gastos de mantenimiento, alquiler y servicios de la estación. La variable gastos por recarga de gasolina calcula el valor del costo de compra de la gasolina, mediante la suma del valor de las variables gastos por recarga de gasolina 91 y gastos por re-

carga de gasolina 95, que contiene el costo por la compra de cada tipo de gasolina respectivamente. El CAPITAL INICIAL DE LA ESTACION es la cantidad de dinero inicial del nivel Fondos.

4 Resultados de las simulaciones

4.1. Simulación base

La simulación (o corrida) base fue realizada para los valores de los parámetros mostrados en la Tabla 2. La unidad de tiempo usada fue la hora. El modelo se simuló para un mes (720 horas).

La Fig. 6 muestra los comportamientos de los niveles Gasolina 91, Gasolina 95 y Fondos. El nivel Gasolina 91 muestra que durante la simulación hay disponibilidad de esta gasolina. El nivel Gasolina 95 muestra que se vende en poco tiempo y que durante 36 horas, aproximadamente, no hay disponibilidad para la venta, llegando a la cota mínima, y para realizar otro pedido se debe esperar a que el nivel Gasolina 91 en el tanque haya descendido hasta la cota de activación. Finalmente, los Fondos de la estación aumentan, siendo las ganancias netas por mes de 4000Bs.

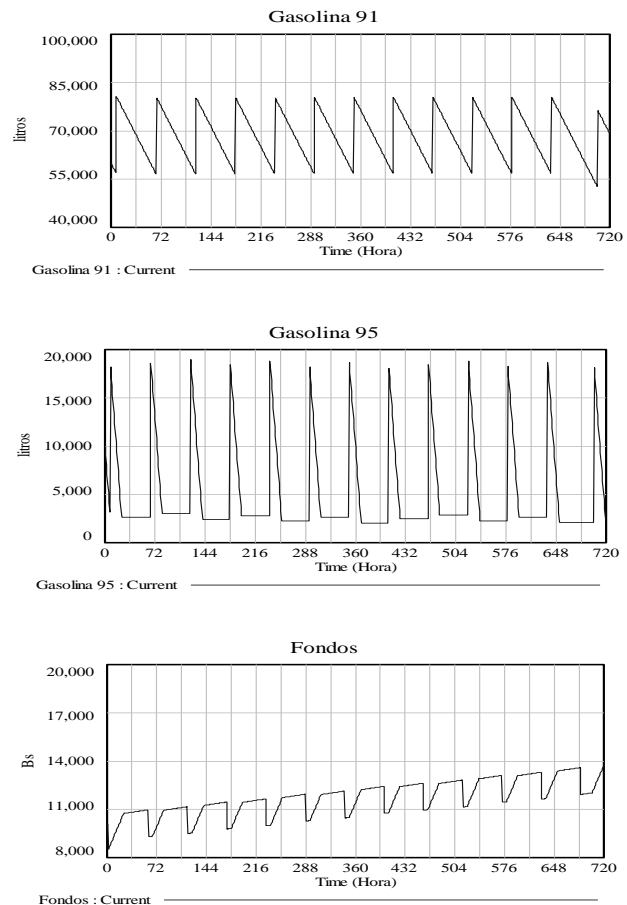


Fig. 6. Simulación base

4.2. Validación y verificación del modelo

La validación del modelo fue realizada con la ayuda de los administradores de la estación. La verificación se realizó con las siguientes pruebas (Sterman 2000):

Adecuación de límites. El tiempo de simulación definido corresponde a un mes y parámetros exógenos que pueden variar más allá de este periodo de tiempo son: a) El número de gandolas. b) El número de trabajadores. c) Los precios. d) En el sistema real se ha observado que la gasolina de 91 octanos, eventualmente, puede fallar su disponibilidad. La razón para ello radica en que la asignación por parte del distribuidor puede cambiar a lo largo de un año, sin embargo, se ha supuesto que en un mes esto no ocurra. Tomando en cuenta estas variables, la definición de los límites del sistema fue considerada adecuada.

Estructura del modelo. La cantidad de gasolina almacenada en los tanques no alcanza valores negativos, pues está validada en las ecuaciones de los flujos de salida. El nivel Fondos puede alcanzar valores negativos, interpretándose como deuda o pérdidas.

Condiciones extremas. El modelo fue probado para los límites extremos de todos los parámetros utilizados. Por razones de espacio no se presentan todos los resultados. Por ejemplo: a) Cuando la CAPACIDAD DE LA GANDOLA es cero, no se llena el tanque. b) Si no hay empleados, se paralizan las ventas, muchos empleados (por arriba de 10) provoca pérdidas a la estación. c) Si los sueldos se hacen cero el modelo muestra el comportamiento sin variaciones en los niveles de gasolina, pero aumentan los fondos, al hacerse muy elevados, la estación experimenta pérdidas. d) Si el valor inicial de la gasolina es cero, se hacen varios viajes continuos hasta que se estabiliza la cota mínima, cuando el valor inicial es muy alto, se suspenden los viajes hasta que se requieren. e) Cuando la demanda se hace cero, no hay ventas, los fondos decrecen debido a los gastos de operación, el tanque de gasolina se recarga hasta que su nivel se encuentre por encima de la cota mínima de pedido y luego se mantiene estable.

4.3. Análisis de sensibilidad

El nivel Fondos varía como se espera de acuerdo a cambios en los parámetros tales como NUMERO DE EMPLEADOS, TIEMPO DE TRASLADO (que aumenta el nivel ante disminuciones del parámetro y lo disminuye cuando éste aumenta), así como cambios fuertes en las demandas, por ejemplo, al disminuir la DEMANDA 95 en un 40%, (de 1985 litros/hora a 837 litros/hora), el nivel Fondos disminuye en un 26% (de 27000 a 20000 Bs.). El impacto de los GASTOS DE SUELDOS ADMINISTRATIVOS es pequeño respecto a las ganancias de fin de mes, toda vez que deberían aumentarse 520% para que la estación incurra en pérdidas.

4.4 Comportamiento del modelo vs. sistema real

De acuerdo al modelo, mensualmente en la estación se venden 315000 litros de gasolina de 91 octanos y 210000 litros de gasolina de 95 octanos, un total de 525000 litros de gasolina vendidos al mes. Una estación de servicio normal vende entre 500000 y 600000 litros mensuales de gasolina (EL NACIONAL, 2009b). Esto nos indica que el modelo explica el comportamiento de las ventas de una estación de servicio promedio. El comportamiento del nivel Fondos fue evaluado por los administradores de una estación de servicio mostrando satisfacción, aun cuando no suministraron datos.

5 Escenarios

- Escenario 1: Por desinformación de los conductores del tipo de gasolina adecuado para sus vehículos, se cambian las proporciones de la demanda de gasolina de 91 y 95 octanos a 20% y 80% respectivamente (Últimas Noticias, 2009). Además, la gandola transporta el 65% de su capacidad con gasolina de 91 y 35% con gasolina de 95 debido a que los tanques de almacenamiento en la estación de servicio fueron adecuados, en el año 2001, para almacenar más gasolina de 91, pues para entonces se esperaba una mayor demanda de dicha gasolina por ser más económica y recomendada para el parque automotor (EL NACIONAL, 2009a).
- En el manual de usuario de cada vehículo viene indicado el tipo de gasolina ideal para su funcionamiento. Los concesionarios aseguran estar recomendando que se sigan las indicaciones de ese manual, pero los usuarios siguen llenando el tanque con gasolina de 95 octanos, aún cuando se recomienda la gasolina de 91 octanos.
- La Fig. 7 muestra los comportamientos de los niveles Gasolina 91, Gasolina 95 y Fondos respectivamente. Hay abastecimiento de Gasolina 91. De manera periódica hay desabastecimiento de Gasolina 95, ocasionando demanda insatisfecha y pérdidas económicas para la estación de servicio, pues los fondos muestran una tendencia a la disminución. La demanda insatisfecha de gasolina de 95 octanos sería de aproximadamente 600 horas por cada 720 transcurridas.
- Escenario 2: El Ministerio de Energía y Petróleo inicia una campaña informativa sobre el uso incorrecto de gasolina de 95 octanos, tratando de disminuir la creencia en la población que mayor octanaje implica mejor rendimiento y desempeño del vehículo, lo cual es visto como la causa del desabastecimiento en las estaciones de servicio, y logra una reducción de la demanda respecto al escenario 1 de dicha gasolina, cambiando las proporciones de la demanda de gasolina de 91 y 95 octanos a 40% y 60% respectivamente (EL NACIONAL, 2009b).

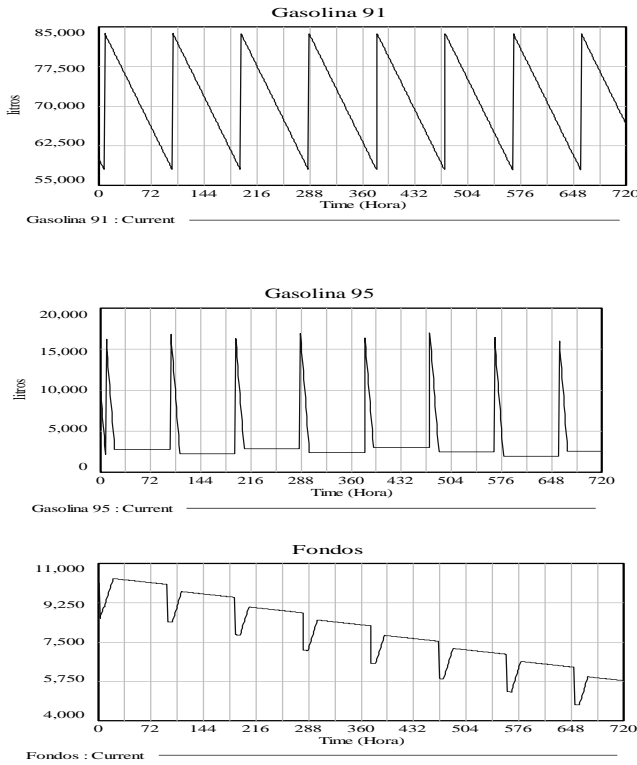


Fig. 7. Resultados del escenario 1

- La Fig. 8 muestra los comportamientos de los niveles Gasolina 91, Gasolina 95 y Fondos respectivamente. Hay abastecimiento de Gasolina 91. De manera periódica hay desabastecimiento de Gasolina 95, ocasionando demanda insatisfecha. Sin embargo, aumentan los fondos pues las ventas han aumentado y la estación de servicio logra ganancias por el orden de los 8000 Bs. La demanda insatisfecha de gasolina de 95 octanos sería de aproximadamente 540 horas por cada 720 transcurridas. Este escenario permitiría la operatividad de la estación de servicio, a lo precios actuales.
- Escenario 3: Además de la propuesta de campañas informativas, FENEGAS propone incrementar el precio de la gasolina de 95 octanos a 0.33 Bs/litro, y mantener el precio de la de 91 octanos en 0.07 Bs/litro. De esta manera, llenar el tanque de combustible de un vehículo sería significativamente más económico haciendo uso de la gasolina de bajo octanaje, y se cree que esto conllevaría a que muchas de las personas que estén utilizando gasolina de alto octanaje en sus vehículos fabricados para gasolina de 91 octanos, ahora si usen ese tipo de combustible en sus vehículos. El costo de compra de la gasolina de 95 sería de 0.233 Bs/litro para la estación de servicio (EL NACIONAL, 2009a). La Tabla 3 muestra los valores de la demanda supuestos, los cuales combinan los efectos de la campaña publicitaria y del cambio de precio de la gasolina de 95 octanos (los tres primeros valores de demanda suponen una demanda total igual a la simulación base de

1395 litros, y los dos últimos una disminución a 1000 litros).

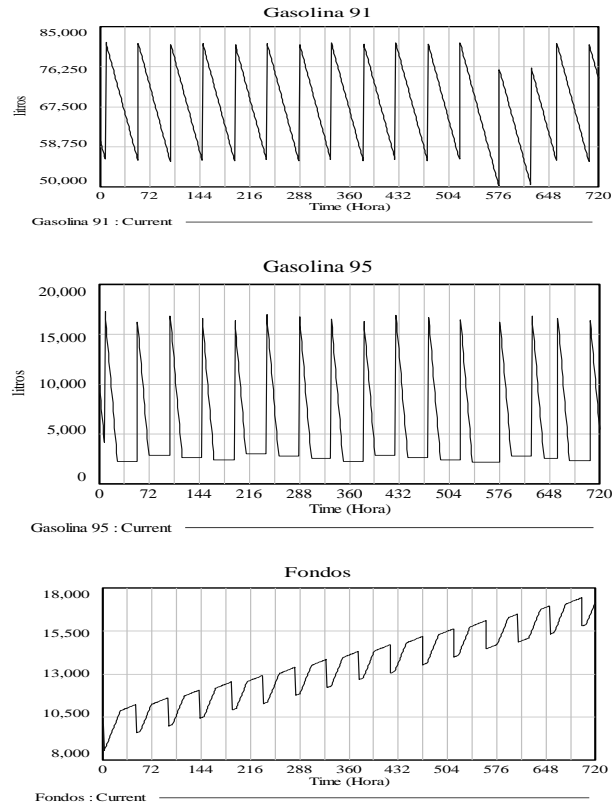


Fig. 8. Resultados del escenario 2

Tabla 3. Valores de la demanda para el escenario 3

Gasolina	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
91 octanos	419 (30%)	558 (40%)	837 (60%)	400 (40%)	600 (60%)
95 octanos	976 (70%)	837 (60%)	558 (40%)	600 (60%)	400 (40%)

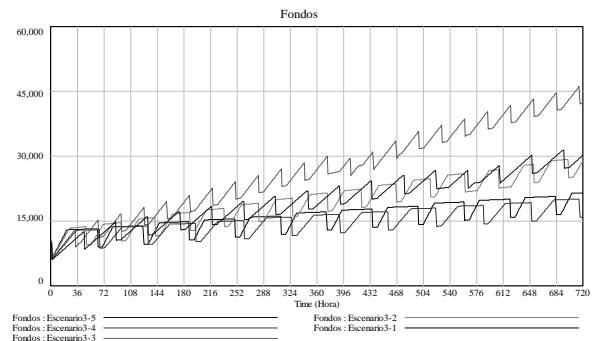


Fig. 9. Resultados del escenario 3

- La Fig. 9 muestra el comportamiento del nivel Fondos para los cinco escenarios. El escenario 3.3 es el que más beneficios económicos le daría a la estación de servicio,

manteniendo el inventario de gasolina de 95 octanos para la venta. Los escenarios 3.2 y 3.5 darían ganancias similares a la estación de gasolina, pero los períodos de desabastecimiento de gasolina de 95 octanos son más largos en el escenario 3.2 (440 horas) que en el escenario 3.5 (32 horas) de las 720 horas simuladas. Por otra parte, los escenarios 3.1 y 3.4 darían ganancias similares, las más bajas, pero los períodos de desabastecimiento de gasolina de 95 octanos son más largos en el escenario 3.1 (530 horas) que en el escenario 3.4 (450 horas) de las 720 de simulación. Evidentemente, a mayor número de horas de desabastecimiento, peor será percibido el servicio por parte de los usuarios, quienes serían los directamente afectados.

- Escenario 4: El Banco Central de Venezuela (BCV) afirma que la venta y la circulación de automóviles han crecido en más de un 100% en años recientes. A pesar de que los venezolanos han dejado de viajar, debido a la inflación que les espera en los sitios turísticos, esta situación podría ocasionar un caos por exceso de vehículos en las calles venezolanas (El NACIONAL, 2009c). Por lo tanto, se propone la implantación de un plan similar al “Pico y Placa”, destinado a reducir la congestión de vehículos en circulación en el país y, por consiguiente, disminuir el consumo desmedido de gasolina. Este plan, se dice no debe alterar la capacidad de los ciudadanos de trasladarse de un lugar a otro, sino que debe persuadir al venezolano, a hacer uso de los sistemas de transporte masivos y colectivos, los cuales funcionan con diesel; combustible que no presenta problemas de abastecimiento, por ahora. El plan ocasionaría una disminución en la media de consumo de gasolina de 1395 litros/hora vendidos a 837 litros/hora, pero manteniendo las proporciones de 20% y 80% de demanda en litros de 91 y 95 octanos respectivamente.

- La Fig. 11 muestra los comportamientos para los niveles Gasolina 91, Gasolina 95 y Fondos respectivamente.
- El nivel Gasolina 91 muestra que no hay desabastecimiento de este tipo de combustible durante las 720 horas de simulación. Sin embargo, debido a que no hay recargas de gasolina por falta de fondos, a partir de la hora 360 el nivel descende por las ventas, con lo que se esperaría, que en un periodo de tiempo más largo haya desabastecimiento de este tipo de gasolina. El nivel Gasolina 95 muestra un comportamiento muy desfavorable para la estación, con desabastecimiento que ocasiona una demanda insatisfecha alta. De hecho, en la hora 350 se deja de vender gasolina, debido a que no se pudo realizar la recarga, porque no había suficientes fondos para el pago. El nivel Fondos de la estación muestra una disminución sostenida, llegando a ser insuficientes para cancelar los pagos de compra de gasolina. Todo esto ha sido ocasionado por la caída de la demanda que se tiene por la implantación del plan de racionamiento de vehículos en circula-

ción. Los largos períodos de desabastecimiento de gasolina de 95 octanos en la estación ocasionarían que no haya fondos suficientes para realizar el pedido de combustible. La estación estaría en una situación crítica, que la llevaría a tener pérdidas económicas y habría una demanda insatisfecha de gasolina de 95 octanos durante aproximadamente 670 horas por cada 720 horas transcurridas.

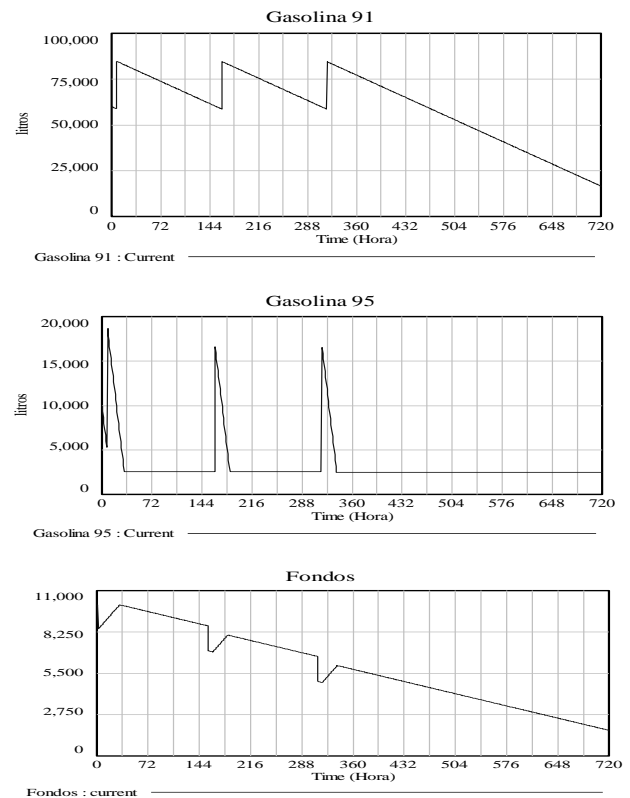


Fig. 11. Resultados del escenario 4

- Escenario 5: El Ministerio de Energía y Petróleo, señala que a PDVSA le cuesta 0.30 Bs. fabricar un litro de gasolina de 95 octanos y 0.15 Bs. uno de 91 octanos (El NACIONAL, 2009a). El precio de venta en las estaciones de un litro debería multiplicarse entonces tres o cuatro veces el precio actual, lo cual debe verse como una medida económica que supone incrementar los ingresos de la nación, para hacer frente a la crisis económica que empieza a tocar las puertas del Estado y de los venezolanos (El NACIONAL, 2009d). Entonces, imaginemos que los costos para la estación de servicio sean de 0.15 Bs. y 0.30 Bs. por litro de gasolina de 91 y 95 octanos respectivamente y el precio de venta al público sean de 0.25 Bs y 0.35 Bs. por litro de gasolina de 91 y 95 octanos respectivamente. Adicionalmente, la demanda puede mantenerse en 1395 litros/hora (escenarios 5.1 y 5.2), o bien disminuir a, digamos 1100 litros/hora (escenario 5.3) o a 1000 litros/hora (escenario 5.4), suponiendo efectos positivos por concienciación pública o por efectos del alto precio, en un todo de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores de demanda para el escenario 5

Demanda	5.1	5.2	5.3	4.4
91 octanos	417 (30%)	279 (20%)	440 (40%)	600 (60%)
95 octanos	978 (70%)	1116 (80%)	660 (60%)	400 (60%)

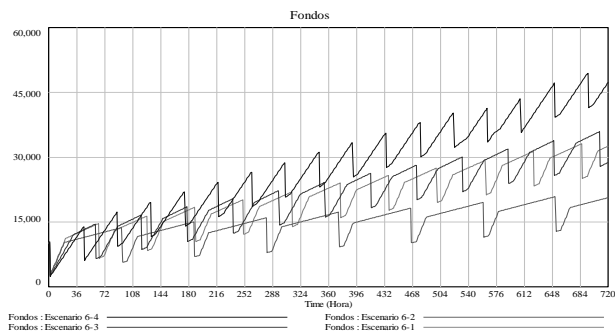


Fig. 12. Resultados del escenario 5

La Fig. 12 muestra el nivel Fondos para los escenarios 5.1 al 5.4. Los escenarios 5.1 y 5.3 generarían ganancias similares para la estación de gasolina, pero los períodos de desabastecimiento de gasolina de 95 octanos son más largos en el escenario 5.1 (440 horas) que en el escenario 5.3 (400 horas) de las 720 horas simuladas. El escenario 5.4 es el que más beneficios económicos le daría a la estación de servicio. El escenario 5.2 es el peor, pues aporta menos ganancias y el que arroja mayor tiempo de desabastecimiento de combustible de alto octanaje en la estación (590 horas de las 720 de la simulación). Evidentemente, un incremento en los precios de gasolina en Venezuela permitiría a la estación de servicio sobrevivir a las fluctuaciones de la demanda. Sin embargo, un cambio en el precio de la gasolina ocasionaría un fuerte golpe para el bolsillo de los venezolanos, y no sólo para los poseedores de vehículos particulares, sino para la población en general. El transporte público necesariamente tendría que subir sus tarifas, para ajustarse a la realidad de sus costos. Todo lo cual representa un dilema para el sector público y la sociedad en general.

6 Notas finales

Venezuela ha venido presentado desde comienzos del año 2008 problemas críticos de desabastecimiento de combustible, particularmente de alto octanaje. En el 2001 se toma la medida de producir y vender sólo gasolina de 91 y 95 octanos; se comienza un plan de acondicionamiento y remodelación de las estaciones de servicio de combustible y ajustes a la capacidad de producción de las refinerías, para ajustarlas a lo que se pensó serían las tendencias de la demanda de la población venezolana.

Durante los primeros meses del 2006 comienza a darse el desabastecimiento de combustible en las estaciones de

gasolina, aunque sólo en casos aislados y no de manera periódica. Es ya para el año 2008 que los venezolanos comienzan a sentir la escasez de gasolina impensable hasta entonces. Los propietarios y gerentes de las estaciones comienzan a notar como las ganancias obtenidas van disminuyendo gradualmente, debido a que no pueden despachar toda la gasolina que les es solicitada por causa de la misma escasez del recurso (aunado a los bajos precios), generando así una demanda insatisfecha para la empresa que no podía ser atendida por ellos ya que la escasez radicaba en un problema operacional externo.

Se han identificado tres problemas que ocasionan el desabastecimiento de combustible en la ciudad de Mérida. El primero, un cambio esquemático, operacional y logístico de acondicionamiento de las estaciones de servicio y refinerías en el 2001 que aumentó la capacidad de almacenamiento para gasolina de bajo octanaje. El segundo, desde el año 2007 el consumo interno de gasolina en Venezuela se ha incrementado en un 150% cada año (debido, en parte, al incremento en las ventas de vehículos y al bajo precio). Y el tercero, la gasolina de 95 octanos es la de mayor demanda (80%, debido en parte a la desinformación de los usuarios respecto al tipo apropiado de gasolina para sus vehículos) y la que menos se produce en el país.

Los escenarios evaluados en el modelo presentado en este trabajo, permitieron evidenciar la crítica situación que viven tanto los propietarios de las estaciones de servicio como los usuarios, en particular los que hacen uso de la gasolina de 95 octanos. En tal sentido, consideramos oportuno hacer las siguientes observaciones:

- Aumentar las capacidades de producción, procesado y refinando de combustibles en Venezuela, especialmente para gasolina de alto octanaje, o en su defecto, se debería modificar la relación de la capacidad de producción de cada tipo de gasolina. Los escenarios muestra que un ajuste de 60% para la gasolina de 95 octanos y de 40% para la gasolina de 91 octanos, mejoraría notablemente la situación de las estaciones de servicio y de sus usuarios.
- Incrementar los precios de la gasolina ayudaría a solventar la situación crítica de las estaciones de servicio y podría ayudar a disminuir la demanda, aunque se conoce lo sensible del tema en la opinión pública.
- Realizar campañas informativas dirigidas a solventar la desinformación de la mayoría de los venezolanos, en cuanto al tipo de gasolina adecuado que debe usar cada vehículo, siguiéndose las indicaciones recomendadas por los fabricantes.
- Orientar y crear conciencia en los venezolanos en cuanto al uso racional de la gasolina, disminuyendo así la demanda, que por su alto subsidio gubernamental, se ha convertido en un bien público.

Referencias

Castillo C, 2010, Gasolina. Se encuentra en

- <http://www.elcoche.net/articulos/gasolina.pdf>. Fecha de consulta: 06 de abril de 2010.
- El NACIONAL, 2009a, Aumento de la Gasolina en Venezuela. Se encuentra en <http://www.guia.com.ve/noticias/?id=44915>. Fecha de consulta: 08 de abril de 2010.
- EL NACIONAL, 2009b, La Gasolina en Venezuela. Se encuentra en <http://www.guia.com.ve/noticias/?id=50542>. Fecha de consulta: 09 de abril de 2010.
- El NACIONAL 2009c, Aumento de la Gasolina de 95 en Venezuela. Se encuentra en http://elnacional.com/www/site/p_contenido.php?q=nodo/96677/Econom%C3%ADa/Gabinete-econ%C3%B3mico-estudia-aumento-de-gasolina-de-95-octanos. Fecha de consulta: 10 de mayo de 2010.
- El NACIONAL 2009d, Aumento de la Gasolina en Venezuela, <http://www.guia.com.ve/noticias/?id=37861>. Fecha de consulta: 08 Abril 2010.
- Forrester J, 1961, Industrial Dynamics, MIT Press, Boston.
- Grisanti A; Oliveros A, 2008, Mercado Interno de Combustible, http://www.ecoanalitica.net/newsite/uploads/im_2008_01%20es.pdf. Fecha de consulta: 09 de abril de 2010.
- Márquez H, 2010, El Costo de la Gasolina más Barata del Mundo. Se encuentra en <http://ipsnoticias.net/nota.asp?id-news=90896>. Fecha de consulta: 03 de mayo de 2010.
- Sterman J, 2000, Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World, Editorial McGraw-Hill, Boston.
- Últimas Noticias, 2009, Petróleo. Se encuentra en <http://www.guia.com.ve/noti/38671/usuarios-prefieren-gasolina-de-95-octanos>. Fecha de consulta: 09 Abril 2010.
- Varela A, 2000, Gasolina y sus Octanos, <http://www.cien-cianet.com/gasolina.html>. Fecha de consulta: 07 de mayo de 2010.
- Vensim, PLE (Personal Learning Edition) Ventana Systems Inc, 1996. Se encuentra en <http://www.vensim.com/>. Fecha de consulta: 01 de mayo de 2010.

Recibido: 12 de marzo de 2011

Revisado: 10 de julio de 2011

