

Simulación del sistema de transporte de hidrocarburo y predicción de su comportamiento mediante redes neuronales

Iracema del Pilar Angulo Fernández

Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz, México, irapily@yahoo.com.mx

Oscar Báez Senties

Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz, México, obaez70@yahoo.com.mx

Alberto Aguilar Lasserre

Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz, México, albertoaal@yahoo.com

Marcos Gerardo Victorino

Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz, México, mg_victorino@hotmail.com

Adriana Martínez Martínez

Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz, México, adriana_mtz2@hotmail.com

Gustavo Peláez Camarena

Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz, México, sgpelaez@yahoo.com.mx

RESUMEN

Este trabajo busca representar el sistema de transporte de hidrocarburo a través de técnicas como simulación y redes neuronales. El uso de la simulación en este tipo de problemas, facilita el análisis de diferentes escenarios, en donde se conjugan una serie de variables tales como la velocidad del flujo, caída de presión y la presencia o ausencia de mantenimiento. En el caso de la red neuronal, esta técnica permite identificar ciertos patrones de comportamiento de eventos y predecir con gran aproximación sucesos que previamente han sido comparados con patrones que han sido parte del entrenamiento de la misma.

Palabras claves: Simulación, redes neuronales, hidrocarburos.

ABSTRACT

This one worked we presente about how to represent the system of transport of hydrocarbon across skills as simulation and networks neuronales. The use of the simulation in this type of problems, facilitates the analysis of different stages, where there conjugate a series of such variables as the speed of the flow, fall of pressure and the presence or absence of maintenance. In case of the network neuronal, this tool allows to identify certain patterns of behavior of events and to predict with big approach events that previously have been compared by patterns that have been a part of the training of the same one.

Keywords: Simulation, neural network, hydrocarbons.

1. INTRODUCCIÓN

Los accidentes ocasionados por derrames de productos derivados del petróleo, tienen un gran impacto socioeconómico y ambiental en las zonas rurales y urbanas aledañas a las líneas de transporte terrestre. En la parte social y ambiental, una forma de cuantificar estos daños puede ser estimando el volumen del producto derramado, y de esta manera, calcular el área de afectación. Por otra parte, estimando el gasto y volumen derramado del producto, se pueden cuantificar las ventas y costos generados en un periodo de tiempo dado.

Para simular el flujo de hidrocarburo en un ducto, deben ser calculadas variables como volumen de la tubería, longitud y capacidad de cada segmento, litros bombeados por minuto y los tiempos que el flujo tarda en desplazarse a través de los segmentos, ésta última para representar la caída de presión del producto. Para fines de

este trabajo se han utilizado diferentes datos, los cuales pueden observarse en la Tabla 1. Cabe mencionar que se manejó un número constante de 10 segmentos, lo que significa que lo que variará es la longitud del segmento. El diámetro depende del tipo de ducto considerado:

Tabla 1. Cálculo de variables en función de las características de diseño y operación del ducto¹

Datos del Ducto	
Diámetro (Pulg):	48
Long. del ducto (Km):	15
Gasto (MBD):	250
Segmentos:	10
Volumen (m^3):	
	17511.81
Volumen (litros):	17511810.48
Long. Segmento (m):	1500.00
Capacidad Segmento (lts):	1751181.05
Litros por minuto:	27604.17
Tiempo en Segmento 1 (min):	1.0000
Tiempo en Segmento 2	1.1726
Tiempo en Segmento 3	1.3452
Tiempo en Segmento 4	1.5178
Tiempo en Segmento 5	1.6904
Tiempo en Segmento 6	1.8631
Tiempo en Segmento 7	2.0357
Tiempo en Segmento 8	2.2083
Tiempo en Segmento 9	2.3809
Tiempo en Segmento 10	2.5535
Precio de barril (dólares)	107.59

2. METODOLOGÍA

La metodología de este trabajo inicia con los datos de diseño y operación del ducto presentada en la Tabla 1, con la cual serán calculadas algunas de las variables de entrada del modelo de simulación. El siguiente paso es introducir estas variables en el programa elaborado en SIMNET II (Simulation Network, Universidad de Arkansas) y así, obtener la información que servirá para realizar el cálculo de las variables de salida, el cual es mostrado en la Tabla 2, donde se encuentra la compilación de resultados de escenarios de los ocho ductos estudiados. En una siguiente etapa se convertirán en los datos de entrada para construir la red neuronal en MATLAB (Matrix Laboratory), de la cual se obtendrán los resultados finales que posteriormente serán utilizados para predecir el comportamiento del sistema de transporte de hidrocarburos (Vargas et al., 2001). Esta metodología puede observarse en la siguiente figura:

¹ La información de diseño y operación del ducto presentado es totalmente arbitraria, por lo cual no representa ningún riesgo a la confidencialidad de ninguna empresa.

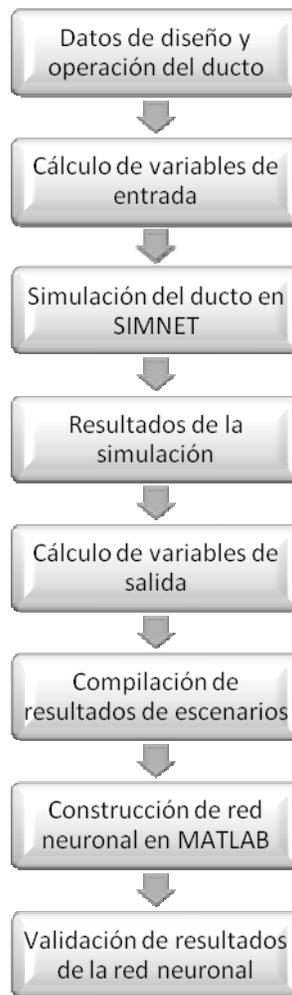


Figura 1. Metodología del trabajo realizado.

3. SIMULACIÓN

Simular el sistema de transporte de hidrocarburos involucra una serie de factores que lo hacen de naturaleza muy compleja, sin embargo, para fines de este trabajo el sistema se estudió de manera lineal. Se consideró que la caída de presión del fluido ocurre de manera decremental y de forma gradual para alcanzar el gasto promedio del periodo en estudio, sin considerar variaciones a lo largo del ducto en cuestión. El programa que simula este sistema en SIMNET II, permite analizar ocho ductos con características de diseño y operación diferentes, creando una base de datos que será parte del entrenamiento de la red neuronal.

El proceso normal del sistema comienza con el número inicial de transacciones, en donde cada transacción es la cantidad de litros bombeados por minuto que se desplazan por 10 segmentos, a través de los cuales se pierde presión y que al final de 1440 minutos (equivalentes a un día) se obtiene un número de transacciones, que en barriles, es igual al gasto promedio diario en condiciones normales de operación. Los litros por minutos y los tiempos de desplazamiento en los segmentos de los ocho ductos, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Variables de entrada y modelización del sistema.

Ducto	1	2	3	4	5	6	7	8
Volumen (m ³):	1003.28	41043.31	7043.64	1499.85	71973.54	38482.20	10375.75	45968.50
Volumen (litros):	1003280.81	41043305.81	7043639.33	1499854.14	71973541.06	38482203.52	10375747.71	45968502.50
Long. Segmento (m):	220.00	6250.00	5430.00	740.00	10960.00	5860.00	1580.00	10080.00
Capacidad Segmento (lts):	100328.08	4104330.58	704363.93	149985.41	7197354.11	3848220.35	1037574.77	4596850.25
Litros por minuto:	33125.00	66250.00	5520.83	2208.33	55208.33	71770.83	49687.50	33125.00
Tiempo en Segmento 1 (min):	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tiempo en Segmento 2	1.02	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.17
Tiempo en Segmento 3	1.03	1.06	1.05	1.03	1.05	1.04	1.02	1.35
Tiempo en Segmento 4	1.05	1.09	1.07	1.04	1.08	1.07	1.03	1.52
Tiempo en Segmento 5	1.07	1.12	1.09	1.05	1.10	1.09	1.05	1.69
Tiempo en Segmento 6	1.09	1.15	1.12	1.06	1.13	1.11	1.06	1.86
Tiempo en Segmento 7	1.10	1.18	1.14	1.08	1.15	1.13	1.07	2.04
Tiempo en Segmento 8	1.12	1.21	1.17	1.09	1.18	1.15	1.08	2.21
Tiempo en Segmento 9	1.14	1.24	1.19	1.10	1.20	1.18	1.09	2.38
Tiempo en Segmento 10	1.16	1.27	1.21	1.12	1.23	1.20	1.10	2.55
Precio de barril (dólares)	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59	107.59
Precio por transacción (dólares)	22414.58	44829.17	3735.76	1494.31	37357.64	48564.93	33621.88	22414.58

Ahora bien, aleatoriamente se ha generado un momento del día en que ocurre una fuga, la cual a su vez es controlada en un tiempo generado a través de una distribución normal con media de 3.73 y desviación estándar de 1.99 minutos y que cuando transcurre dicho tiempo, la simulación es terminada para cuantificar las transacciones derramadas y las transacciones que terminaron normalmente su transporte (el equivalente al gasto). En la Figura 2 se observa el gasto diario de los ductos en distintos escenarios de fuga y en condiciones normales.

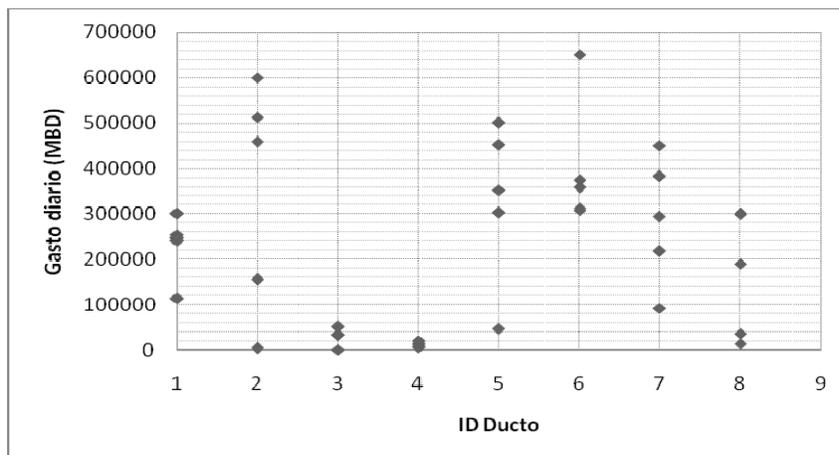


Figura 2. Gasto diario para diferentes escenarios de cada ducto en ausencia o presencia de fuga.

4. VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA

La base de datos que servirá como entrenamiento para la red neuronal, contiene las variables de entrada siguientes:

1. Velocidad del fluido en litros por minuto,
2. Mantenimiento (0 ausencia y 1 presencia),
3. Costo total de mantenimiento en dólares,
4. Probabilidad de falla,
5. Porcentaje de caída de presión,
6. Tiempo en el que ocurre el derrame (min), y
7. Flujo que entró al sistema;

Y como variables de salida se encuentran las siguientes:

1. Fugas (0 ausencia y 1 presencia),
2. Costo por derrame en dólares,
3. Gasto diario en barriles,
4. Ventas en dólares, y
5. Costo parcial de operación.

La variable fuga, es resultado de la generación de un número aleatorio y si se encuentra dentro de la probabilidad de falla en la ocurrencia de fuga. El costo por derrame es el producto de las transacciones derramadas por el precio de cada transacción. El gasto diario depende de la equivalencia en barriles del número de transacciones que llegan al final del ducto al transcurrir un día de operación. Las ventas se obtienen del producto del gasto diario y el precio por barril. Por último, el costo parcial de operación es la suma del costo por derrame y el costo por mantenimiento del ducto.

5. RESULTADO DE LA SIMULACION

Con el programa realizado en SIMNET pudieron analizarse 8 ductos, de los cuales algunos datos estadísticos se presentan en la Figura 3. El tiempo de llegada de cada transacción en el programa es 1, lo que significa que cada minuto está llegando la cantidad de litros que toma como valor la transacción.

Tabla 3. Datos estadísticos de variables del modelo.²

	Media	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
VELOCIDAD DEL FLUIDO	39612	24497	71771	2208
CAÍDA DE PRESIÓN	0.75444	0.19762	0.9	0.29
GASTO PROMEDIO DIARIO	230761	188386	650000	174

² Para este modelo se tomó información arbitraria que no representa riesgo alguno a la confidencialidad de ninguna empresa.

En la Figura 4, se observan los resultados del programa, específicamente de las variables de salida ventas y costo parcial de operación, de donde se observa que en el ducto 4, el costo parcial de operación se encuentra muy cerca del ingreso por ventas.

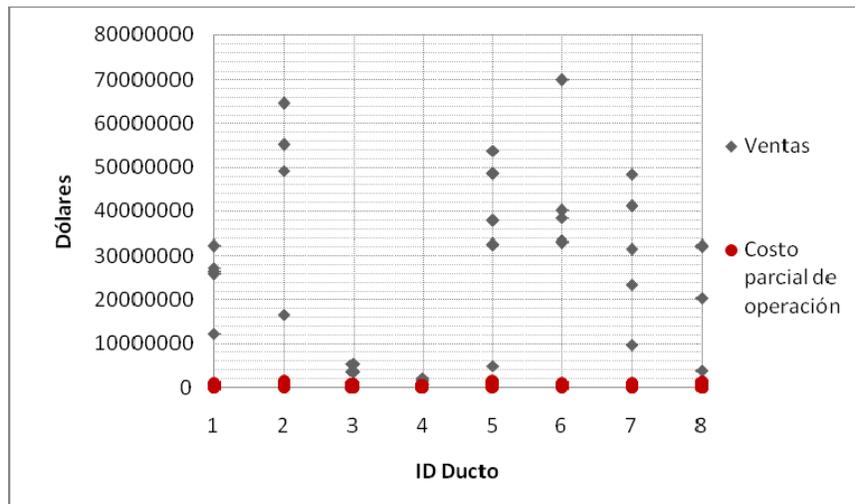


Figura 3. Resultados de la programación en SIMNET

6. MODELO DE RED NEURONAL ARTIFICIAL

La red de neuronas multicapas es el algoritmo empleado en este estudio. El perceptrón multicapas es una red compuesta de L capas y cada neurona se encuentra conectada a las neuronas de la capa siguiente. Cada neurona K es una conexión en donde se produce el efecto de una función de transferencia de tipo sigmoideal. La topología de una red clásica está compuesta de varias capas de neuronas (Abada, A. 1997).

- Una capa de entrada que representa las entradas de donde son transmitidas las variables.
- Una o varias capas ocultas efectúan el tratamiento específico de la red.
- Una capa de salida que proporciona los resultados.

Con este enfoque, el software Matlab, el cual contiene un módulo consagrado al desarrollo de redes neuronales, es utilizado. La red de neuronas almacena información en una cadena de interconexiones neuronales por medio de los pesos. La función de transferencia utilizada es la tangente hiperbólica, su desempeño es como función de activación para las capas ocultas y de salida. Generalmente los datos de entrada deben sufrir una normalización apropiada, con el fin que todas las variables tengan la misma influencia estadística en la red (Howard D., 2000).

Una arquitectura de diferentes tipos de redes de neuronas artificiales (RNA) fue explorada, con el objetivo de encontrar el diseño idóneo al problema que debemos resolver. Una etapa de aprendizaje debe ser considerada para la creación de un modelo neuronal. La fase de aprendizaje se utiliza para ajustar los pesos, los cuales inicialmente son valores aleatorios. El valor de MSE (Mean Square Error) sirve para aplicar la corrección de pesos en cada iteración. Finalmente, las diferentes redes “aprenden el comportamiento” de la base de datos generada con el simulador.

Tomando en cuenta los datos obtenidos se utilizó el programa de Matlab, para modelar las redes de neuronas. Se realizó una red de neuronas por cada criterio considerado. El tipo de red utilizado fue la red de neuronas de retropropagación. Después de haber creado la base de datos realizado por la simulación de los 8 ductos, el siguiente paso es la elaboración de la red neuronal, para lo cual se utilizó el programa MATLAB. Una vez importados los datos de entrada y las metas, se procede a configurar el entrenamiento. Este programa permite entrenar una red con un cierto número de variables de entrada, variables de salida y neuronas ocultas, calculando sus respectivos pesos. La figura 6, que representa el comportamiento del entrenamiento después de 500 iteraciones, teniendo como resultado un error muy pequeño de 0.000144671.

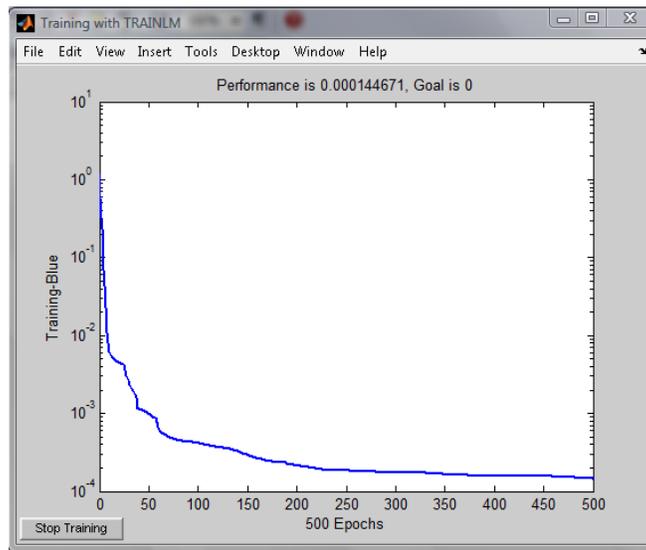


Figura 6. Entrenamiento de la red neuronal.

La base de datos obtenidos de la simulación fue modelada por medio de las redes de neuronas para los 5 criterios: Fugas, Costo por derrame en dólares, Gasto diario en barriles, Ventas en dólares y Costo parcial de operación. Las figuras 7 y 8 muestran los resultados obtenidos para los últimos cuatro criterios. Estas muestran la comparación entre los valores calculados con el simulador y los valores obtenidos con las redes de neuronas.

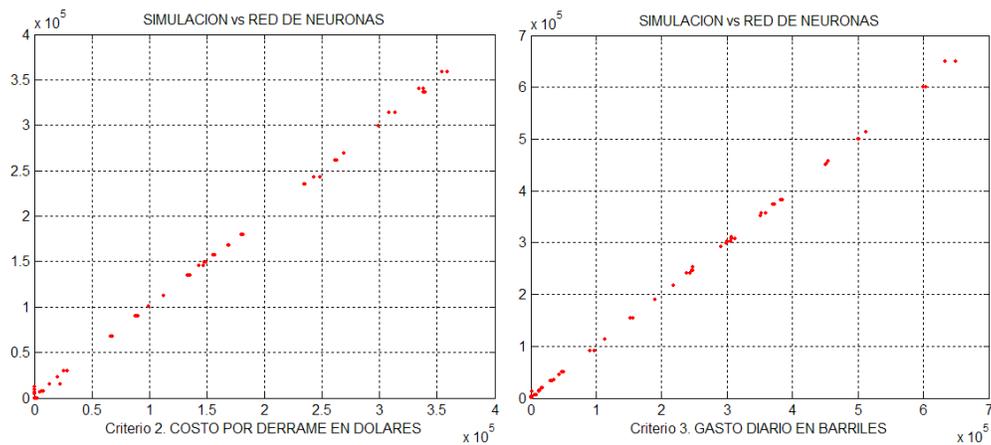


Figura 7. Comparación entre los datos simulados y calculados con la red de neuronas para los criterios 2 y 3.

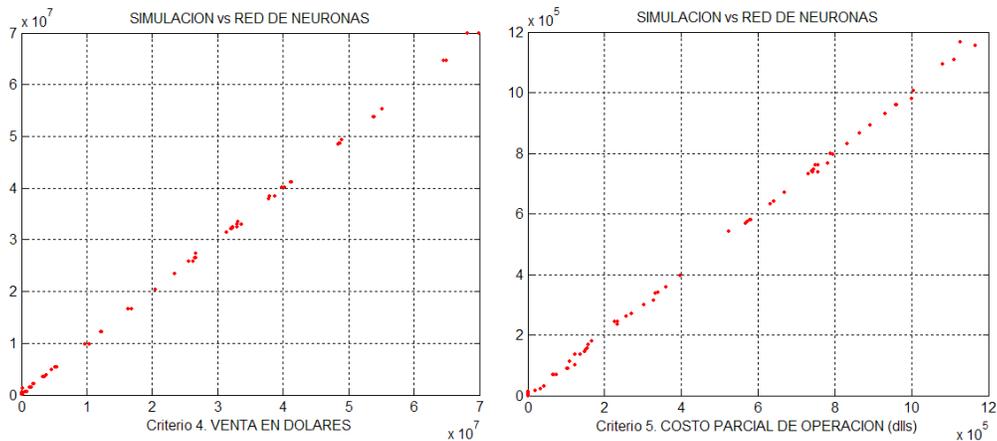


Figura 8. Comparación entre los datos simulados y calculados con la red de neuronas para los criterios 4 y 5.

Con los resultados obtenidos es posible predecir el comportamiento del sistema de transporte de hidrocarburo en todas las combinaciones de sus variables de decisión (Montagno et al. 2000), con un 99.02% de efectividad promedio, para los 5 criterios: Fugas, Costo por derrame en dólares, Gasto diario en barriles, Ventas en dólares y Costo parcial de operación.

7. CONCLUSIÓN

En este estudio una metodología híbrida entre simulación, redes neuronales y algoritmos genéticos fue presentada como una herramienta de ayuda a la decisión para la fabricación de componentes electrónicos. Un ejemplo fue simulado considerando los 5 criterios: Fugas, Costo por derrame en dólares, Gasto diario en barriles, Ventas en dólares y Costo parcial de operación. Se utilizó las redes de neuronas como técnica de modelación. Posteriormente, fue utilizado para predecir las diferentes funciones objetivo para representar planeación sistema de transporte de hidrocarburo. Además, gracias a la red de neuronas, el tiempo de cómputo para realizar el cálculo se reduce considerablemente respecto a lo que necesita la simulación. Este método tiene la ventaja de proveer una estimación de los resultados prácticamente en tiempo real (Billaut, J.C. et Roubellat F., 2001)

REFERENCIAS

- Abada, A. "Contribution a la résolution des problèmes d'ordonnancement par réseaux de neurons", Thèse de doctorat Laboratoire d'Automatique de Grenoble - L.A.G - I.N.P.G, Novembre 1997.
- Billaut, J.C., y F. Roubellat "A decision support system for real time production scheduling" LAAS – CNRS Report 92459, 2001.
- Howard D., y Mark B. Neural network toolbox for use with MATLAB, The Math Works, Inc, September 2000.
- Montagno, R., R.S. Sexton, y B.R. Smith, "Using neural networks for identifying organizational improvement strategies" European Journal of Operational Research, 2002.
- Vargas, F.D., y V. De Rivera, "A model predictive control approach for real-time optimization of reentrant manufacturing lines" Computers in Industry, 2001.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el documento.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.