



21th ECORFAN® International Conference - Science, Technology and Innovation



Booklets

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - Google Scholar DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID - V|LEX

Title: Pressure drop prediction by a polynomial model for two-phase flow in vertical oil wells

Authors: Hernández-Santos, Abisai, Escobedo-Trujillo, Beatris Adriana, Alaffita-Hernández, Francisco Alejandro and Colorado-Garrido, Darío

Centro de Investigación KRR-0322-2024 0009-0003-6977-2674 1227384
 Universidad Veracruzana 54417142300 0000-0002-8937-3019 173174
 Universidad Veracruzana 57103583500 0000-0002-9462-0160 216715
 Universidad Veracruzana 57103583500 0000-0003-4157-1005 171579

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BECORFAN Control Number: 2024-01

BECORFAN Classification (2024): 121224-0001

RNA: 03-2010-032610115700-14

Pages: 13

CONAHCYT classification:

Area: Physics-Mathematics and Earth Sciences

Field: Mathematics

Discipline: Statistics

Subdiscipline: Multivariate Analysis

ECORFAN-México, S.C.

Park Pedregal Business. 3580,

Anillo Perif., San Jerónimo

Aculco, Álvaro Obregón,

01900 Ciudad de México, CDMX,

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: MARVID-México S.C.

E-mail: contact@rinoe.org

Facebook: RINOE-México S. C.

Twitter: [@Rinoe_México](https://twitter.com/Rinoe_México)

www.marvid.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Resumen

Se desarrolla un modelo polinomial para predecir la caída de presión en pozos petroleros con flujo bifásico. Las variables utilizadas en el modelo son producción de la relación gas-aceite, producción de aceite, diámetro de la tubería de producción, relación de solubilidad, factor volumétrico de formación del aceite y viscosidad del aceite. Un modelo polinomial es presentado con el objetivo de predecir la caída de presión que tiene un coeficiente de determinación de 0.9901. Con el objetivo de validar el modelo son presentados el análisis residual y superficies de nivel de las caídas de presión contra las variables de entrada del modelo polinomial. Se presenta una regresión de los valores de caída de presión experimental y predichos mediante el modelo polinomial. Este modelo contribuye en una metodología más simple para el cálculo de las caídas de presión y la consecuente aplicación en el modelado de las curvas de producción en pozos petroleros para su análisis NODAL.

Introducción

Durante la producción en los pozos de hidrocarburos se encuentra flujo bifásico lo que complica el cálculo de diversos fenómenos que ocurren durante la trayectoria del fluido dentro de la tubería.

Una de las principales variables que se ve afectada para su estudio es la caída de presión la cual ocurre en este trayecto del flujo.

Existen numerosos modelos que han sido propuestos en la literatura para calcular la caída de presión del hidrocarburo, algunos de los modelos más importantes son el de Beggs y Brill (1973) y de Hagedorn y Brown (1965) el cual considera el colgamiento del líquido, así como el régimen de flujo.



Introducción

Los modelos antes mencionados pueden ser complejos en cuanto a cálculos se refieren, es por lo que, en este trabajo se propone una función polinomial para predecir el cálculo de gradiente de presión.

Una función polinomial se obtiene mediante un análisis de regresión lineal múltiple, el objetivo es predecir la caída de presión conociendo las mediciones experimentales de algunas variables asociadas a este proceso, tales como la gravedad específica del petróleo, relación gas-aceite, corte de agua, flujo volumétrico del petróleo, diámetro del pozo, temperatura, relación de solubilidad, factor volumétrico del petróleo, viscosidad del petróleo y gravedad específica del gas.



Metodología

La relación de la caída de presión con las variables que la afectan directamente, las propiedades del fluido y características del pozo pueden ser aproximadas mediante un modelo polinomial de la forma:

$$\Delta P_{experimental} \approx p(d, l, GOR, Q_{oil}, P_{top}, \gamma_o, \gamma_g, \sigma, \rho_o, \rho_g, \mu_o, R_s, B_o, B_w)$$

En general, la relación entre las variables GOR, Q_{oil} , D, R_s , B_o , μ_o y la caída de presión ΔP puede ser aproximada mediante una función polinomial de la forma:

$$\Delta P_{experimental} \approx p(GOR, Q_{oil}, D, R_s, B_o, \mu_o) + \varepsilon$$

donde ε es un error aleatorio.



Metodología

La reducción del número de variables en la deducción del modelo polinomial que se buscará se debe a que después de realizar un análisis de correlaciones entre las variables independientes y el ΔP , se encontró que las variables que afectan en mayor medida a la caída de presión son GOR, Qoil, D, Rs, Bo, μ_o .

Para determinar el modelo polinomial descrito anteriormente se realizaron polinomios combinando las variables como se muestra en la siguiente formula:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i,j=1}^n b_{i,j} x_i x_j + \sum_{i,j,k=1}^n c_{i,j,k} x_i x_j x_k + \dots$$



Resultados

Se realizaron diversas combinaciones con las variables mencionadas previamente para encontrar un polinomio simple en estructura algebraica.

El modelo polinomial seleccionado debido a su alto coeficiente de determinación es

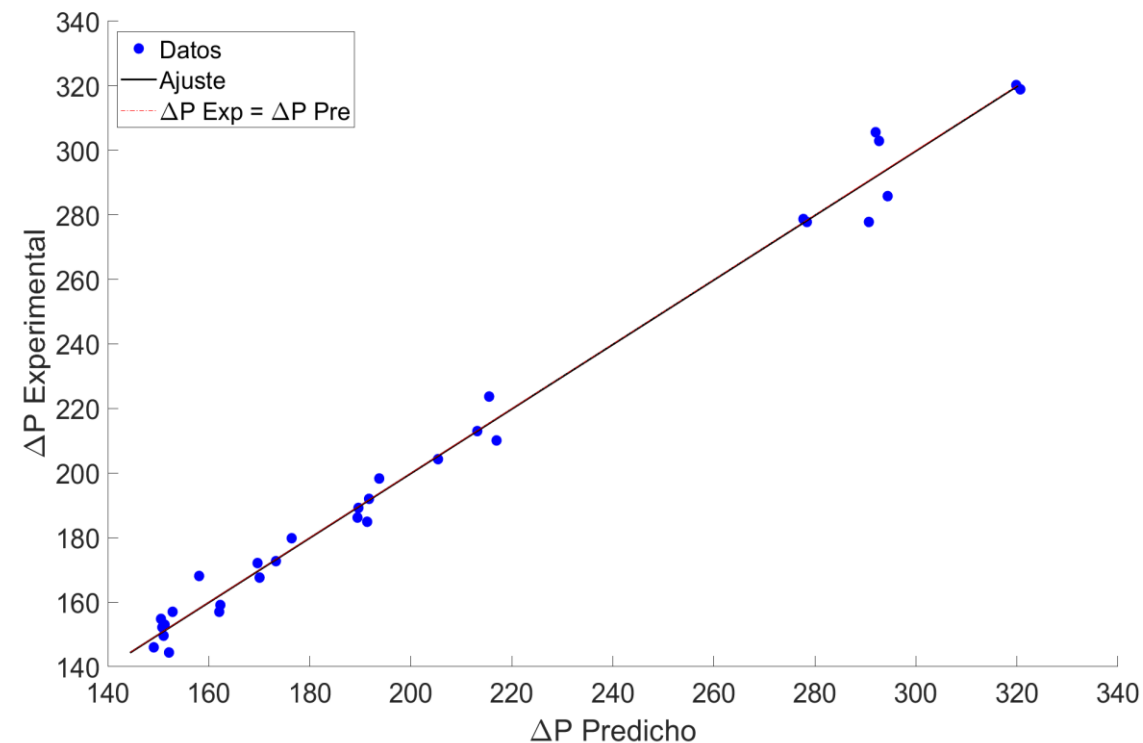
$$\begin{aligned} \Delta P & \approx 538.8272 + 0.2411(\text{GOR}) + 0.0788(\text{GOR})(\mu_o) + 0.0434(Q_{oil}) - 6.5879 \times 10^{-6}(Q_{oil}^2) \\ & + 1.8547 \times 10^{-9}(Q_{oil}^3) - 0.0109(Q_{oil})(d) - 2.9451(R_s) + 0.0177(R_s^2) - 3.2894 \times 10^{-5}(R_s^3) \\ & - 321.1895(B_o^2) + 131.8653(B_o^3) - 1.1807(\mu_o) \end{aligned}$$

El ajuste del modelo polinomial fue expresado por el coeficiente de determinación R^2 que fue de 0.9901.



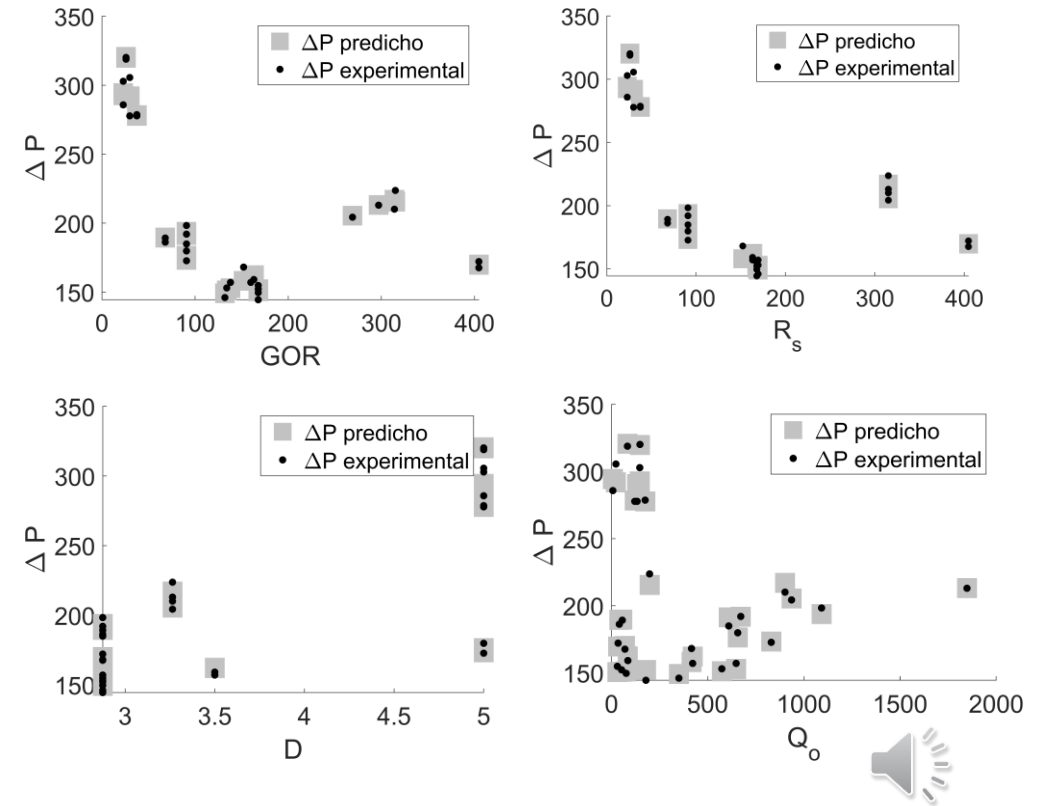
Resultados

En la figura se aprecia la relación lineal de la caída de presión experimental y la predicha por el modelo polinomial.



Resultados

Para dar una idea geométrica del comportamiento del polinomio, las caídas de presión experimentales ($\Delta P_{Experimental}$) y predichas (ΔP_{Pre}) son graficadas, sin embargo, cabe señalar que el polinomio tiene seis variables diferentes, por lo que se trazan curvas de nivel para cada variable como se observa en las figuras.



Resultados

Recordemos la existencia de un error aleatorio ε . Para demostrar matemáticamente el buen ajuste polinomial del modelo, se realiza un análisis residual para analizar el comportamiento de dicho error aleatorio. Para tal fin, observe que tomando el valor promedio (E) se obtiene

$$E(\Delta P_{Experimental}) = E(p(GOR, Q_o, D, R_s, B_o, \mu_o) + \varepsilon)$$

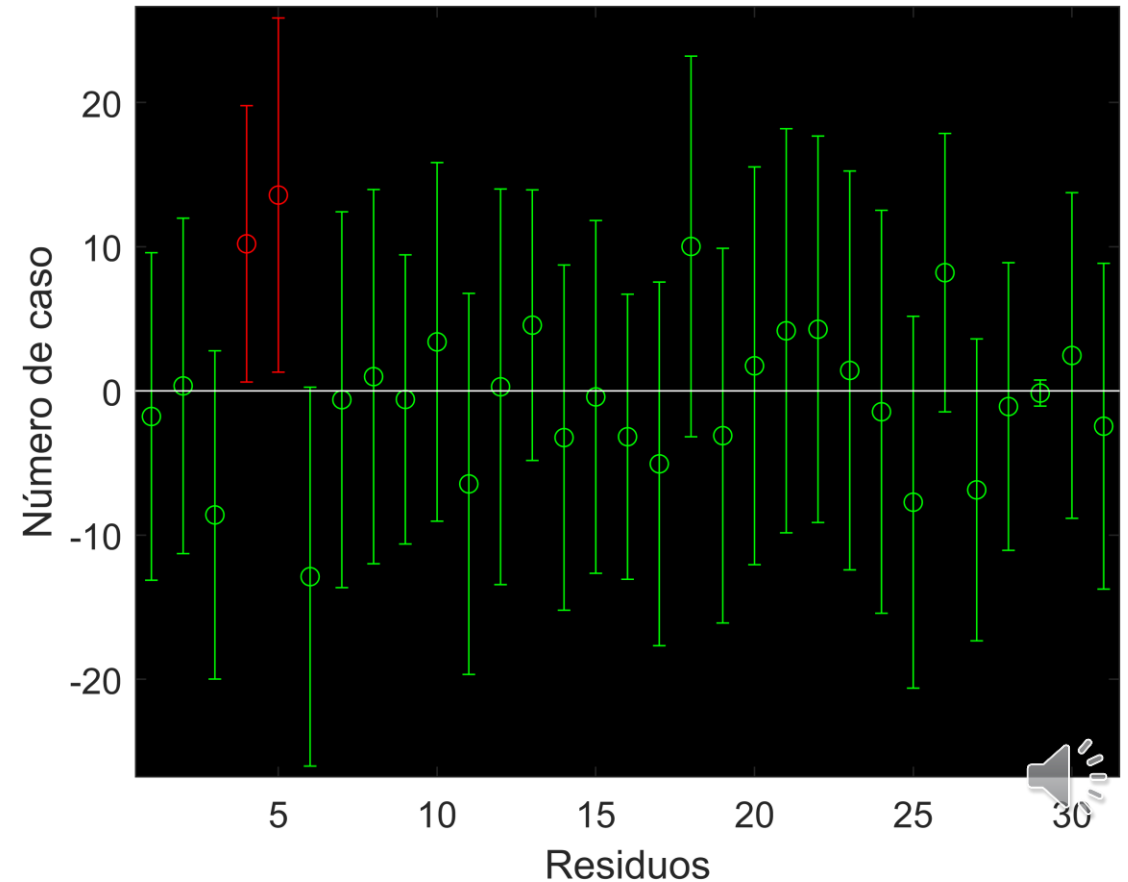
Lo cual por las propiedades del valor promedio es lo mismo que

$$\Delta P_{Experimental} = p(GOR, Q_o, D, R_s, B_o, \mu_o) + E(\varepsilon)$$

Obsérvese que, a partir de la ecuación mostrada la caída de presión experimental y el polinomio $p(GOR, Q_o, D, R_s, B_o, \mu_o)$ serían iguales en promedio si y solo si $E(\varepsilon) = 0$ 

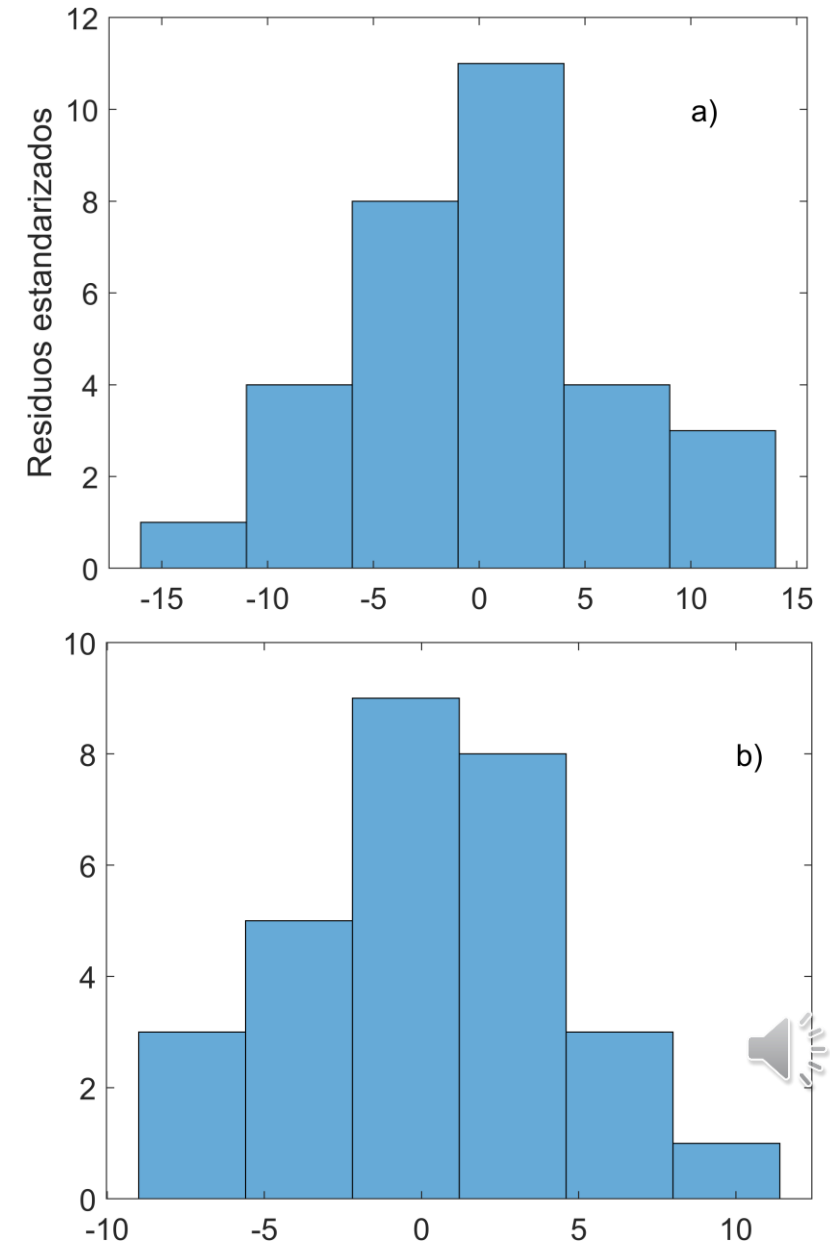
Resultados

En la figura se han graficado los residuos o errores aleatorios (ε) y como se puede observar hay valores cuyos intervalos de confianza no cruzan por el cero esos valores se denominan valores atípicos.



Resultados

Se realizaron los histogramas de los residuos aleatorios estandarizados, ver la Figura 5, podrá notar de dicha figura la media de los errores aleatorios es aproximadamente cero, es decir, $E(\varepsilon) \approx 0$.



Conclusiones

A través del análisis de regresión lineal múltiple se obtuvo de manera exitosa una función polinomial de las variables que se relacionan en el proceso de las caídas de presión en pozos petroleros bifásicos.

Los resultados obtenidos con el ajuste mostraron una alta precisión con los datos experimentales $R^2 > 0.99$.

Con lo antes mencionado se concluye que se requieren mayores esfuerzos en obtención de datos confiables de la relación gas-aceite de producción (GOR), relación de solubilidad (R_s) y factor volumétrico de formación del aceite (B_o) debido a que son las variables que más afectan la caída de presión.



Referencias

Beggs, H. D., & Brill, J. R. (1973). STUDY OF TWO-PHASE FLOW IN INCLINED PIPES. JPT, Journal of Petroleum Technology, 25. <https://doi.org/10.2118/4007-PA>

Chierici, G. L., Ciucci, G. M., & Sclocchi, G. (1974). TWO-PHASE VERTICAL FLOW IN OIL WELLS - PREDICTION OF PRESSURE DROP. JPT, Journal of Petroleum Technology. <https://doi.org/10.2118/4316-PA>

Escobedo-Trujillo, B. A., Alaffra-Hernández, F. A., Colorado, D., & Siqueiros, J. (2014). Coefficient of performance prediction by a polynomial model of absorption heat transformer. Revista Mexicana de Ingeniera Quimica, 13(3).

Espanol, J. H., Holmes, C. S., & Brown, K. E. (1969). A comparison of existing multiphase flow methods for the calculation of pressure drop in vertical wells. Society of Petroleum Engineers - Fall Meeting of the Society of Petroleum Engineers of AIME, FM 1969. <https://doi.org/10.2118/2553-ms>

Hagedorn, A. R., & Brown, K. E. (1965). Experimental Study of Pressure Gradients Occurring During Continuous Two-Phase Flow in Small-Diameter Vertical Conduits. Journal of Petroleum Technology, 17(04). <https://doi.org/10.2118/940-pa>

Montgomery, D., & Runger, G. C. (2003). Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. In Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería.





MARVID®

© MARVID-Mexico

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162, 163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169, 209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BECORFAN is part of the media of MARVID-Mexico., E: 94-443.F: 008- (www.marvid.org/booklets)