

FÓRMULAS FACILITADORAS EN LOS CÁLCULOS DE COT_{actual}, COT_{original} E INDICE DE HIDRÓGENO original (IH original)

María del Carmen Gómez 2002

EPM PDVSA

e-mail: gomezmc@pdvsa.com

Resumen

En el área de la Exploración es necesario la aplicación e integración de diferentes técnicas relacionadas con las disciplinas que participan en el modelado del sistema petrolífero de un área o cuenca determinada. Para ello la determinación del COT actual, bien sea por mediciones geoquímicas o por técnicas petrofísicas, así como el COT original y el Índice de Hidrógeno son esenciales. Dentro de los cálculos de estos valores existen ciertos parámetros que son determinados manualmente mediante el uso de tablas o gráficos cuyo uso es engorroso, lo que conlleva a un alto grado de imprecisión y a un consumo de tiempo considerable. Con el objeto de contribuir a facilitar estos aspectos se han desarrollado fórmulas matemáticas a partir de los estudios de estos parámetros realizados por los autores originales.

Palabras claves: COT_{actual}, COT_{original}, INDICE de HIDRÓGENO original (IH original), LOM, Reflectancia de Vitrinita

Abstract

The application and integration of different techniques are essential to study petroleum systems in Exploration area, hereby the important it is to determine the present TOC, original TOC and hydrogen index values using geochemical and petrophysical methods.

The estimation of these values requires the use of manuals of different tables and graphics, which involve long time consumption and imprecise results. Using the information of original authors, this paper tends to develop some mathematical formulas to make this calculus easier.

Key words: Present TOC, original TOC, hydrogen index, LOM, Vitrinite Reflectance

CONVERSIÓN DE LA REFLECTANCIA DE VITRINITA (%Ro) a LOM (LEVEL ORGANIC METAMORPHISM)

Para el cálculo del contenido del Carbono Orgánico Total (COT) mediante registros convencionales a partir de la metodología de PASSEY (1979) se requiere de la madurez de la materia orgánica medida. Las principales etapas de la evolución de la materia orgánica pueden expresarse mediante la Reflectancia de Vitrinita (%Ro) y el Level Organic Metamorphism (LOM). En la metodología de PASSEY (1979) se tiene que la ecuación empírica para el cálculo de COT es:

$$\text{COT} = (\Delta \log R) * 10^{(2,297+0,1688*LOM)}$$

donde el COT es el contenido de Carbono Orgánico Total, $\Delta \log R$ la relación entre las curvas resistivas y las de porosidad y el LOM (en el tiempo presente) corresponde a la madurez.

TISSOT & WELTE (1978) muestran la comparación de los estados principales de la materia orgánica (%Ro) usados por VASSOEVICH (1969,1974) y la escala de LOM de HOOD *et al* (1975) en una tabla que es usada dentro del cálculo del contenido de Carbono Orgánico Total actual (COT actual). A través de esta tabla se realiza la conversión de Ro al LOM y de esta manera es posible calcular COT actual mediante registros, cuyos resultados son comparados y calibrados con los resultados de las mediciones de COT disponibles en el pozo en cuestión.

En la Figura 1 se muestra la tabla correspondiente a esta conversión, la cual resulta muy útil pero sumamente impráctica e imprecisa de usuario a usuario, ya que la conversión es aproximada porque debe hacerse de manera visual. Cuando el usuario debe calcular cantidades

considerables de pozos resulta muy engorrosa la definición de este parámetro realizado en forma manual. Adicionalmente, la fórmula es muy sensible a los valores de LOM, por lo que su precisión es muy importante y el riesgo de error es alto.

Main stages of evolution			Vitrinite reflectance	LOM Hood & al (1975)	Coal				
This book	Vassoevich (1969,1974)	Main HC generated			Rank USA	Int. Adb. coal petro (1971)	Rank Germany	BTU x10 ³	% VM
Diagenesis	Diagenesis	Methane	0.5	2	Peat	Peat	Peat	6	(45)
	Protocatagenesis				Lignite	Brown coal	Braunkohle		
					Sub bituminous	C			
Catagenesis	Mesocatagenesis	Oil	1.0	6	B			10	(40)
					A			11	
					High volatile bituminous	C		12	
Catagenesis	Mesocatagenesis	Oil	1.5	8	B			13	(35)
					A			14	
					Med. vol bit			15	
Catagenesis	Mesocatagenesis	Wet gas	2.0	10	Low vol bit			16	(30)
								17	
								18	
Metagenesis	Apocatagenesis	Methane	2.5	12	Semi-anthracite	Hard coal		19	(25)
								20	
					Anthracite		Anth.	21	
Metagenesis	Apocatagenesis	Methane	3.0	14				22	(20)
								23	
								24	
Metamorphism	Apocatagenesis	Methane	3.5	16				25	(15)
								26	
								27	
Metamorphism	Apocatagenesis	Methane	4.0	18				28	(10)
								29	
								30	
Metamorphism	Apocatagenesis	Methane	4.0	20	Meta-anth.		Meta-Anth.	31	(5)
								32	
								33	

Figura 1. Estados principales de la evolución de la materia orgánica. Comparación entre los estados usados por Vassoevich (1969,1974) y la escala del LOM de Hood *et al* (1975). Tomado de Tissot & WELTE (1978).

Tomando la data de estos autores se desarrollaron el gráfico y la fórmula correspondiente para este cálculo, como puede observarse en la Figura 2.

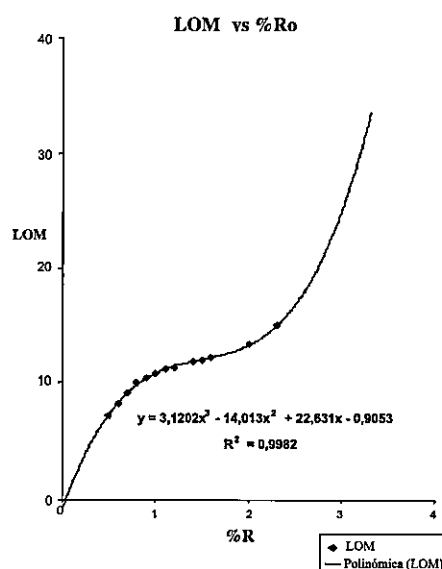


Figura 2. Gráfico y fórmula para la conversión de la Reflectancia de Vitrinita a LOM.

De esta manera se tiene la conversión de %Ro a LOM en forma matemática, siendo una ecuación de tercer orden y expresada de la siguiente manera:

$$LOM = 3,1202 (\%Ro)^3 - 14,13 (\%Ro)^2 + 22,631 (\%Ro) - 0,9053$$

que puede ser utilizada en cualquier hoja de cálculo de forma fácil y precisa.

CÁLCULO DE COT original e IH original

DOW (1990) propone el cálculo de COT original mediante la siguiente fórmula:

$$COT \text{ original} = \frac{COT \text{ actual}}{1 - F \text{ delta C}}$$

donde **FdeltaC** es un factor desarrollado por DOW que depende del tipo de materia orgánica. En su trabajo presenta los gráficos correspondientes a cada tipo de

materia orgánica de manera tal que el usuario los utilice de acuerdo a su interés, pero esto de nuevo resulta impreciso y engorroso, puesto que se hace de manera visual por no disponerse de las fórmulas correspondientes.

Tomando esta data se elaboraron las relaciones correspondientes a cada uno de los gráficos Figuras 3, 4 y 5).

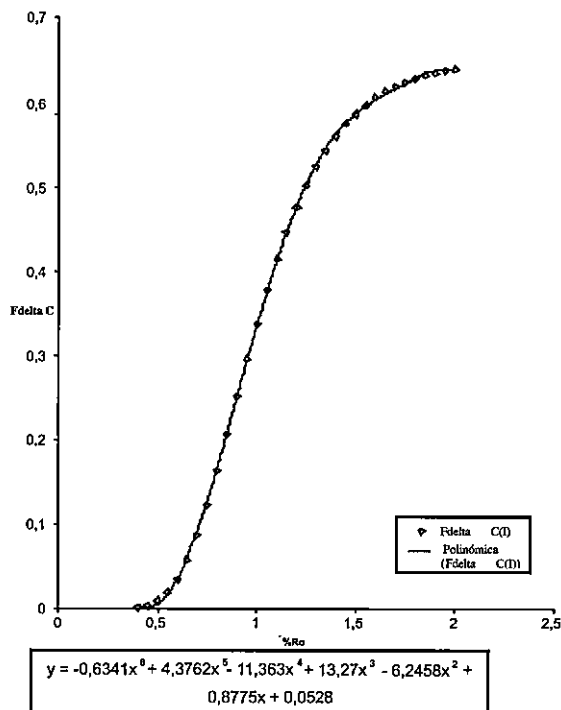


Figura 3. Cálculo del Factor F (TIPO I) para el cálculo de COT original según DOW (1987).

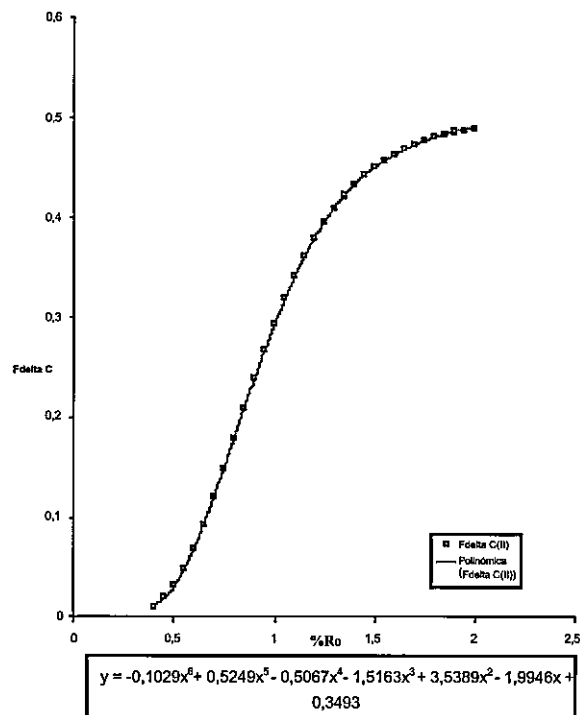


Figura 4. Cálculo del factor F (TIPO II) para el cálculo de COT original según DOW (1987).

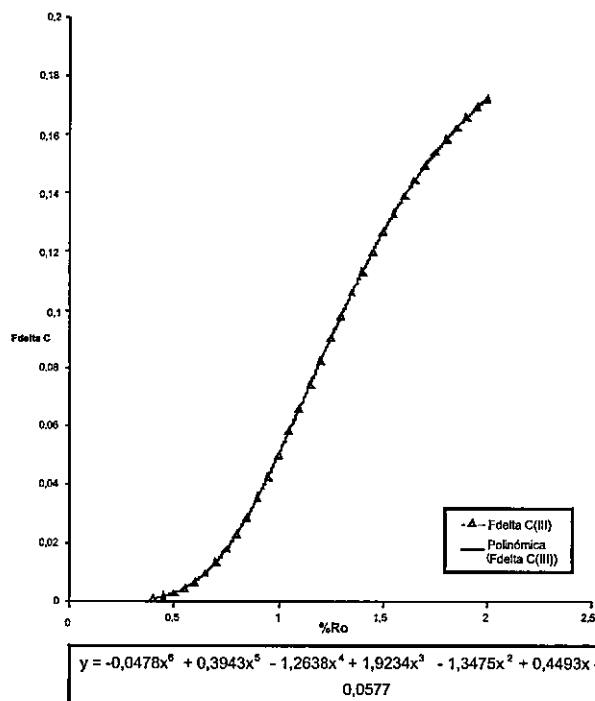


Figura 5. Cálculo del factor F (TIPO III) para el cálculo de COT original según DOW (1987).

De manera que se tiene el Fdelta C para el cálculo de COT original:
para la materia orgánica Tipo I

$$F_{\text{delta}C} = -0,6341(\%Ro)^6 + 4,3762(\%Ro)^5 - 11,363(\%Ro)^4 + 13,27(\%Ro)^3 - 6,2458(\%Ro)^2 + 0,8775(\%Ro) + 0,0528$$

para la materia orgánica Tipo II

$$F_{\text{delta}C} = -0,1029(\%Ro)^6 + 0,5249(\%Ro)^5 - 0,5067(\%Ro)^4 - 1,5163(\%Ro)^3 + 3,5389(\%Ro)^2 - 1,9946(\%Ro) + 0,3493$$

para la materia orgánica Tipo III

$$F_{\text{delta}C} = -0,0478(\%Ro)^6 + 0,3943(\%Ro)^5 - 1,2638(\%Ro)^4 + 1,9234(\%Ro)^3 - 1,3475(\%Ro)^2 + 0,4493(\%Ro) - 0,0577$$

De igual manera, DOW (1990) presenta el cálculo del IH original:

$$IH_{\text{original}} = \frac{IH_{\text{actual}}}{1 - F_{\text{delta}C}}$$

Donde F delta C es el factor que depende del tipo de materia orgánica y es expresado en forma gráfica por DOW. En las Figuras 6, 7 y 8 se muestran los gráficos y las fórmulas desarrolladas en este trabajo.

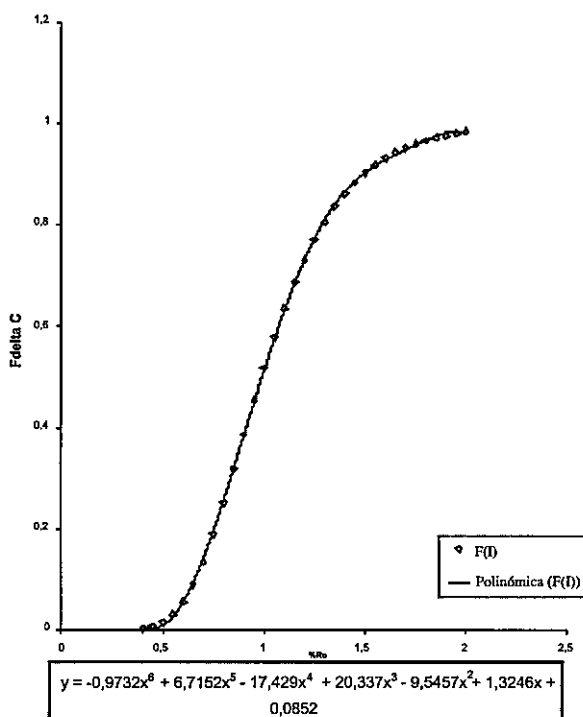


Figura 6. Cálculo del factor F (TIPO I) para el cálculo de IH original según DOW (1987).

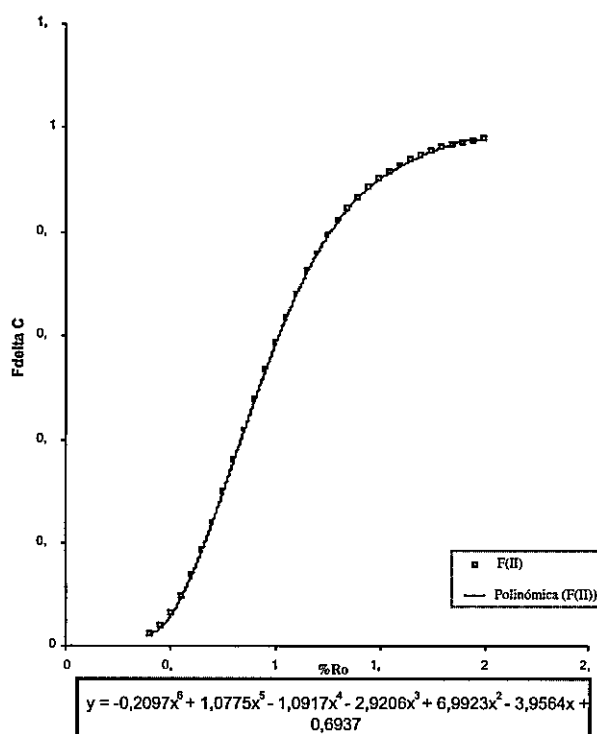


Figura 7. Cálculo del factor F (TIPO II) para el cálculo de IH original según DOW (1987).

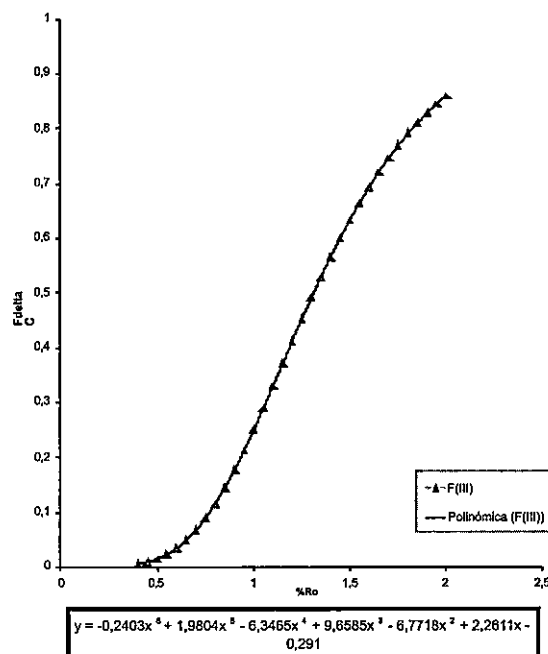


Figura 8. Cálculo del factor F (TIPO III) para el cálculo de IH original según DOW (1987).

De manera que se tiene el Fdelta C para el cálculo de IH original:

para la materia orgánica Tipo I

$$FdeltaC = -0,9732(\%Ro)^6 + 6,7152(\%Ro)^5 - 17,429(\%Ro)^4 + 20,337(\%Ro)^3 - 9,5457(\%Ro)^2 + 1,3246(\%Ro) + 0,0852$$

para la materia orgánica Tipo II

$$FdeltaC = -0,2097(\%Ro)^6 + 1,0775(\%Ro)^5 - 1,0917(\%Ro)^4 - 2,9206(\%Ro)^3 + 6,9923(\%Ro)^2 - 3,9564(\%Ro) + 0,6937$$

para la materia orgánica Tipo III

$$FdeltaC = -0,2403(\%Ro)^6 + 1,9804(\%Ro)^5 - 6,3465(\%Ro)^4 + 9,6585(\%Ro)^3 - 6,7718(\%Ro)^2 + 2,2611(\%Ro) - 0,291$$

CONCLUSIONES

- Ante la necesidad de ahorrar tiempo y aumentar la precisión disminuyendo el error derivado de un método subjetivo se desarrollaron los gráficos y fórmulas correspondientes a la conversión de la Reflectancia de Vitrinita a LOM y los diferentes FdeltaC necesarios para el COT original e Índice de Hidrógeno original partiendo de las conversiones y relaciones realizadas por los autores originales de estos estudios.
- Esto facilita a los usuarios las estimaciones derivadas de las hojas de cálculo, en forma directa y precisa.

BIBLIOGRAFIA

- PASSEY, Q.R. et al. (1990) "A Practical Model for Organic Richness from Porosity and Resistivity Logs". AAPG Bull, V.74, No. 12
- TISSOT, B.P; WELTE, D.H. (1978) "Petroleum Formation and Occurrence". Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, pp. 71
- DOW, W.G. (1987) "Kerogen Studies and Geological Interpretation" Journal of Geochemical Exploration. Vol. 7 pp. 77.