

Apéndice C

Ejemplo para la metodología de diseño experimental

En este apéndice se presenta un caso ejemplo para la metodología de diseño experimental con todas las gráficas correspondientes obtenidas en el programa. El modelo de yacimiento a utilizar sigue siendo el caso N°5, un yacimiento con una gran capa de gas ($m = 1$), y sin influjo de agua. Sólo se aplicaron los métodos (F-We vs. Et) y $((F-We)/(E_o+E_{fw})$ vs. $(E_g+E_{fw})/(E_o+E_{fw})$). El tipo de diseño utilizado fue Box Behnken. El cuadro C.1 muestra la matriz de diseño utilizada. La matriz de diseño constó de 25 corridas variando sólo los parámetros PVT. El gráfico C.1 muestra las corridas para los métodos de balance de materiales aplicados. Como se puede observar el método (F-We vs. Et) presenta poca dispersión para los puntos en el gráfico. Para el gráfico $(F-We)/(E_o+E_{fw})$ vs. $(E_g+E_{fw})/(E_o+E_{fw})$ se observan que los puntos están bastante dispersos. El gráfico C.2 muestra la corrida para la cual se obtuvo el mayor valor del RMSE. Para el primer método el valor es bajo (0.14 MMbbl), mientras que para el método de la capa de gas el RMSE es de 5.02 MMSTB. Los resultados del método de capa de gas arrojan un POES de 167.1 MMSTB y una capa de gas, $m = 0.39$; con una gran dispersión en comparación con el método anterior. El gráfico C.3 muestra la corrida que obtuvo el valor más pequeño del RMSE (es decir la corrida donde todos los parámetros PVT no tienen error asociado). Esta corrida confirma que el yacimiento tiene un POES de 100 MMSTB y una capa de gas de 1 ($m = 1$).

Gravedad API	Gravedad específica del gas	Relación gas petróleo en solución	Temperatura del Yacimiento
37.00	1.2279	1476.00	280.00
37.00	1.2303	1476.00	280.00
37.40	1.2279	1476.00	280.00
37.40	1.2303	1476.00	280.00
37.20	1.2291	1468.62	279.91
37.20	1.2291	1468.62	280.09
37.20	1.2291	1483.38	279.91
37.20	1.2291	1483.38	280.09
37.00	1.2291	1476.00	279.91
37.00	1.2291	1476.00	280.09
37.40	1.2291	1476.00	279.91
37.40	1.2291	1476.00	280.09
37.20	1.2279	1468.62	280.00
37.20	1.2279	1483.38	280.00
37.20	1.2303	1468.62	280.00
37.20	1.2303	1483.38	280.00
37.00	1.2291	1468.62	280.00
37.00	1.2291	1483.38	280.00
37.40	1.2291	1468.62	280.00
37.40	1.2291	1483.38	280.00
37.20	1.2279	1476.00	279.91
37.20	1.2279	1476.00	280.09
37.20	1.2303	1476.00	279.91
37.20	1.2303	1476.00	280.09
37.20	1.2291	1476.00	280.00

Cuadro C.1: Matriz de diseño para el caso ejemplo

Material Balance Plots, L = 25 realizations

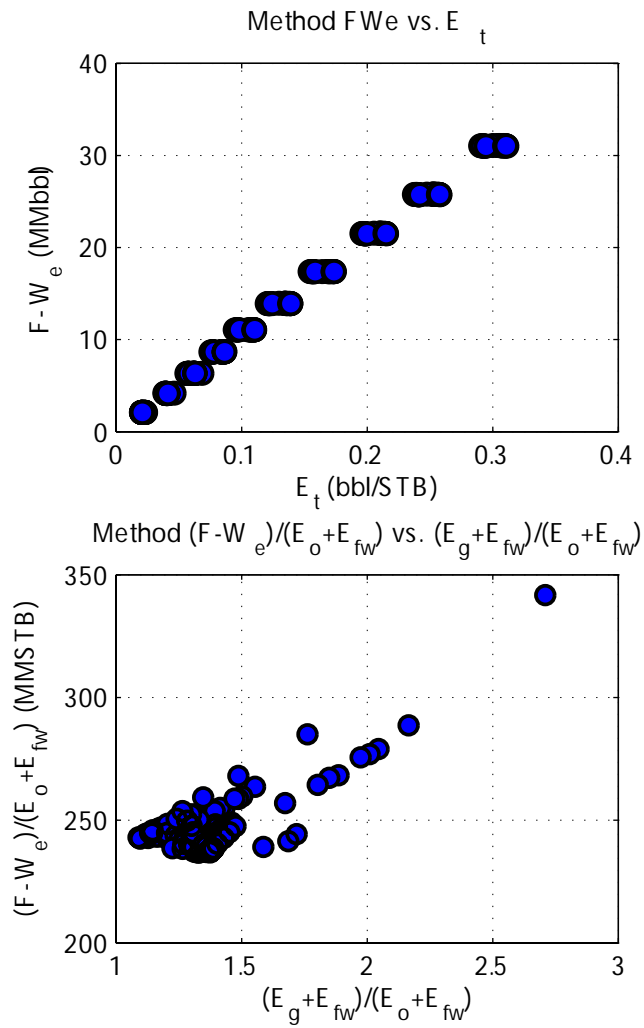


Figura C.1: Gráfico de todas las corridas para los métodos de balance de materiales

Material Balance Plots, L = 25 realizations

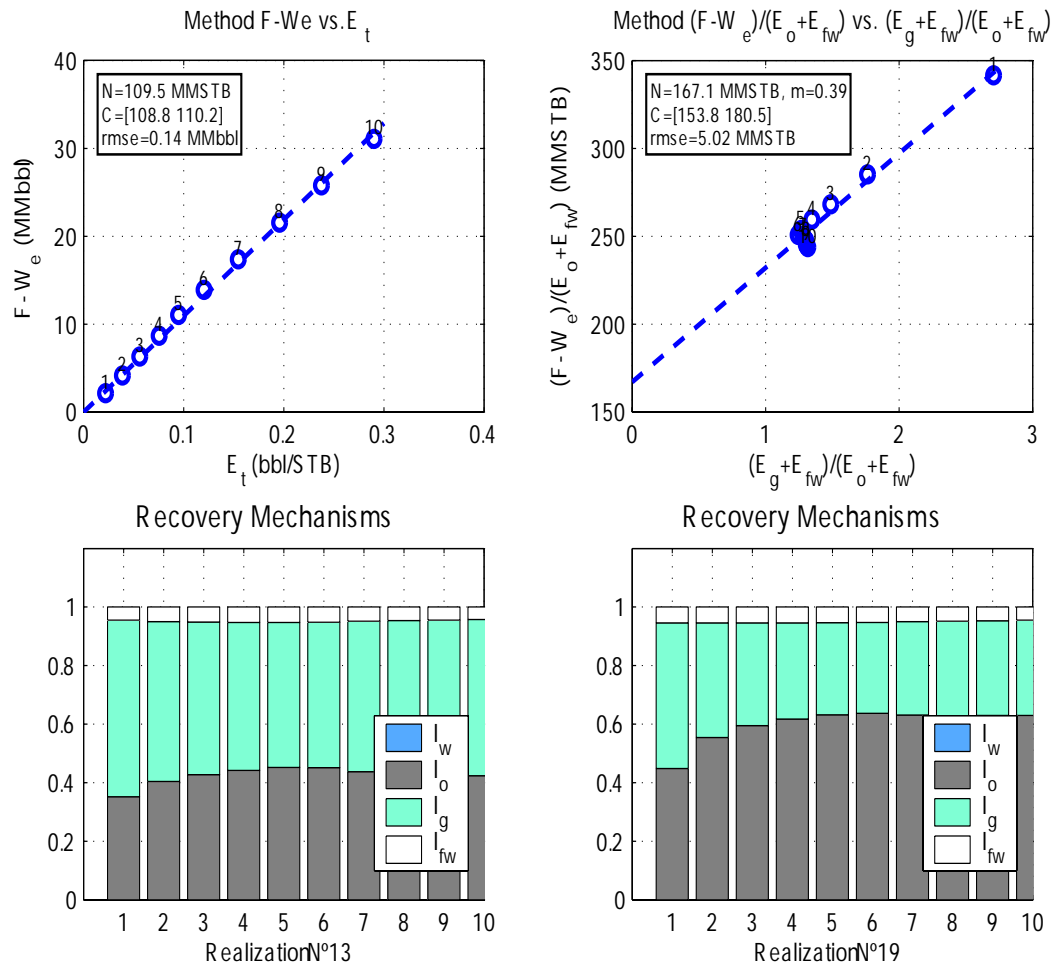


Figura C.2: Corrida con el máximo RMSE para el ajuste

Material Balance Plots, L = 25 realizations

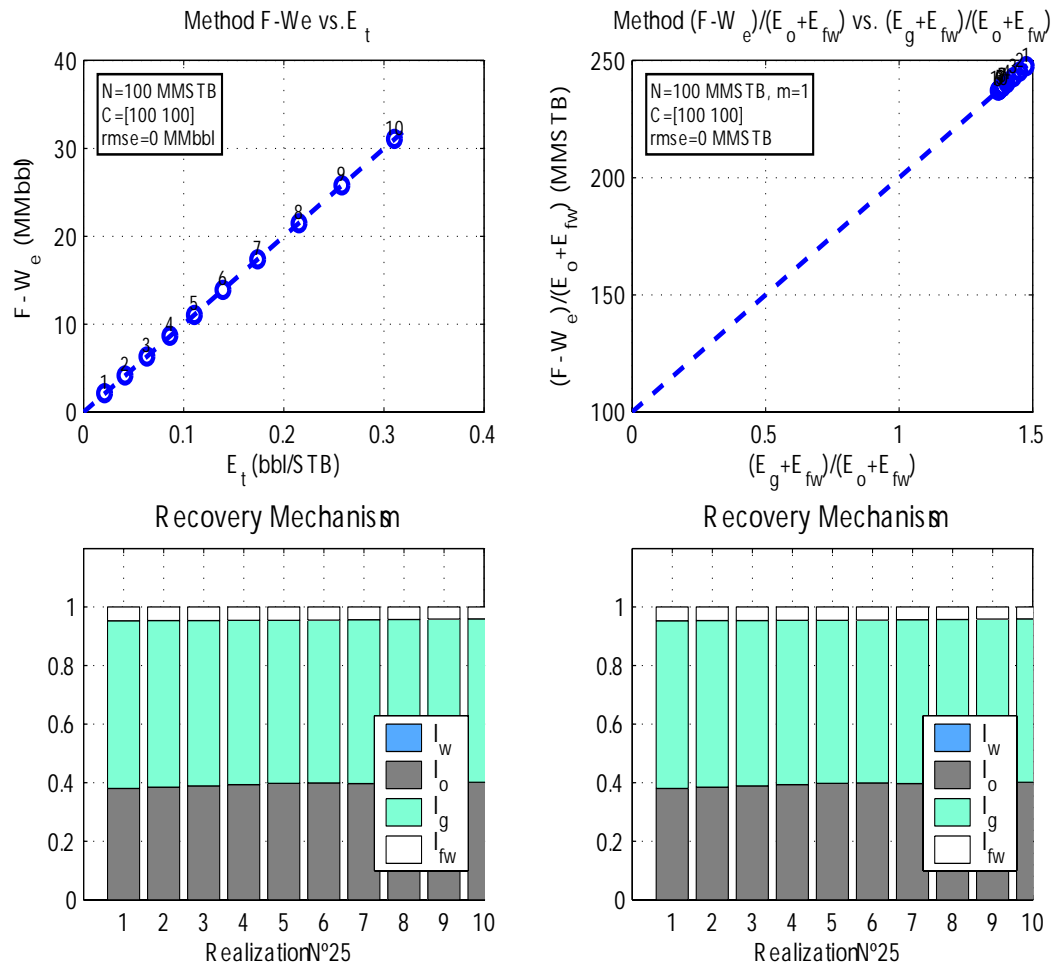


Figura C.3: Corrida con el mínimo RMSE para el ajuste

En la figura C.4 se muestra una representación gráfica del diseño implementado para este caso ejemplo. La barra de colores indica el valor que toma la variable *temperatura* para cada corrida. Para ambos métodos la distribución obtenida del POES no presenta similitud al comportamiento normal (líneas en rojo), figura C.5. El método (F-We vs. Et) presenta poca dispersión en los resultados (std=3.6 MMSTB). Para el método (F-We)/(Eo+Efw) vs. (Eg+Efw)/(Eo+Efw) existe una gran dispersión en comparación con el método anterior (std=57.9 MMSTB). De estas dos distribuciones se puede observar que la tendencia general es a sobreestimar el valor del POES (100 MMSTB). La figura C.6 muestra la tabla ANOVA resultante para el método (F-We vs. Et). Los parámetros PVT que resultaron altamente significativos fueron la gravedad API y la relación gas petróleo en solución. La figura C.7 presenta la tabla ANOVA obtenida para el método (F-We)/(Eo+Efw) vs. (Eg+Efw)/(Eo+Efw), indicando que ningún parámetro resultó ser altamente significativo en los resultados.

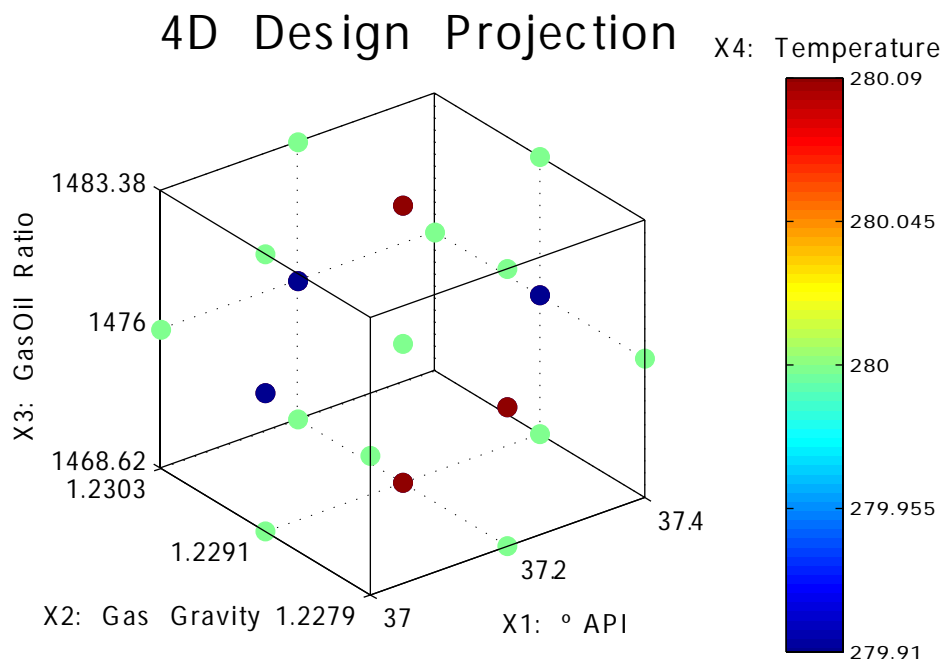


Figura C.4: Representación gráfica del diseño utilizado

Material Balance Plots, L = 25 realizations

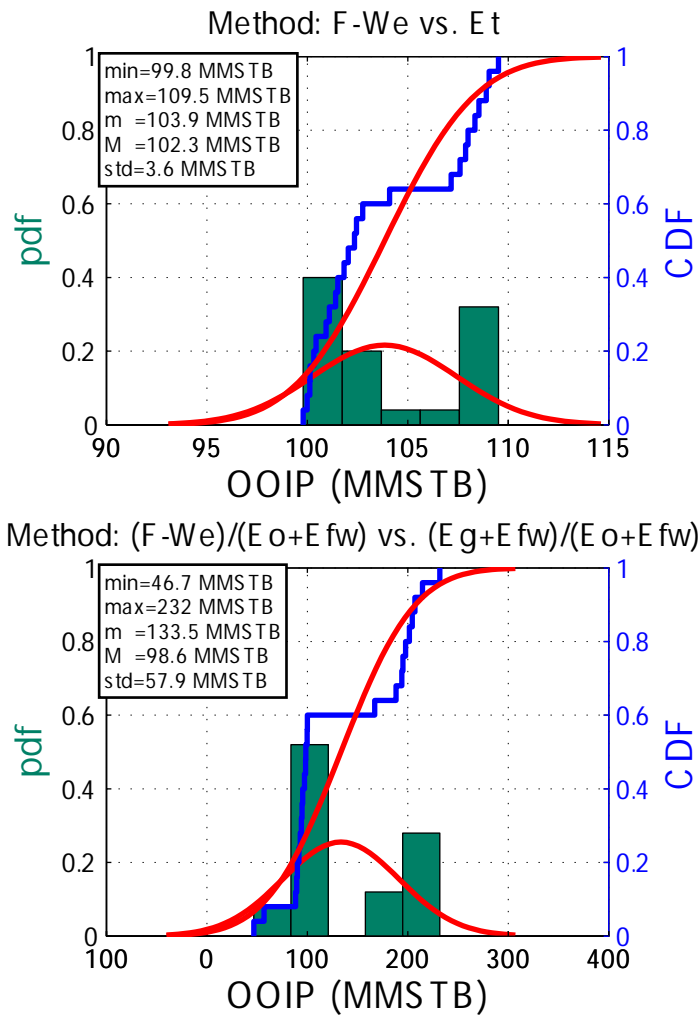


Figura C.5: Gráficos de distribución de probabilidad para los POES calculados

Analysis of Variance

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	F	Prob>F
%API	68.655	2	34.3274	4.22	0.0338
Gas Gravity	6.133	2	3.0665	0.38	0.6919
Gas-Oil Ratio	119.331	2	59.6657	7.33	0.0055
Temperature	4.895	2	2.4477	0.3	0.7443
Error	130.195	16	8.1372		
Total	308.908	24			

Constrained (Type III) sums of squares.

Figura C.6: Cuadro ANOVA para el método (F-We vs. Et)

Analysis of Variance

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	F	Prob>F
%API	8738.6	2	4369.32	1.37	0.2815
Gas Gravity	702.8	2	351.4	0.11	0.8961
Gas-Oil Ratio	18799.8	2	9399.92	2.95	0.0809
Temperature	173.5	2	86.76	0.03	0.9731
Error	50900.6	16	3181.29		
Total	80377.8	24			

Constrained (Type III) sums of squares.

Figura C.7: Cuadro ANOVA para el método $(F-We)/(Eo+Efw)$ vs. $(Eg+Efw)/(Eo+Efw)$