

## Especialización en Producción de Petróleo y Gas- Trabajo Final



Benedetti, Milena  
Angiolini, Carlos E.  
Blaksley, Francisco  
Corona, Alejandro  
Nuñez Roman, Alejandro

Índice

1. Introducción y Objetivo, ..... 2

2. Descripción del Yacimiento y sus Propiedades, ..... 2

3. Cálculo Volumétrico del POIS, ..... 9

4. Factor de Recuperación por Balance de Materiales:, ..... 9

5. Comportamiento de los pozos (curvas IPR), ..... 13

6. Pronósticos de producción, ..... 19

7. Analisis Economico ..... 21

## 1- Introducción y Objetivo

En función de los conocimientos adquiridos a lo largo de la cursada, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un yacimiento, determinando el número óptimo de pozos a perforar durante el tiempo del proyecto (10 años de concesión).

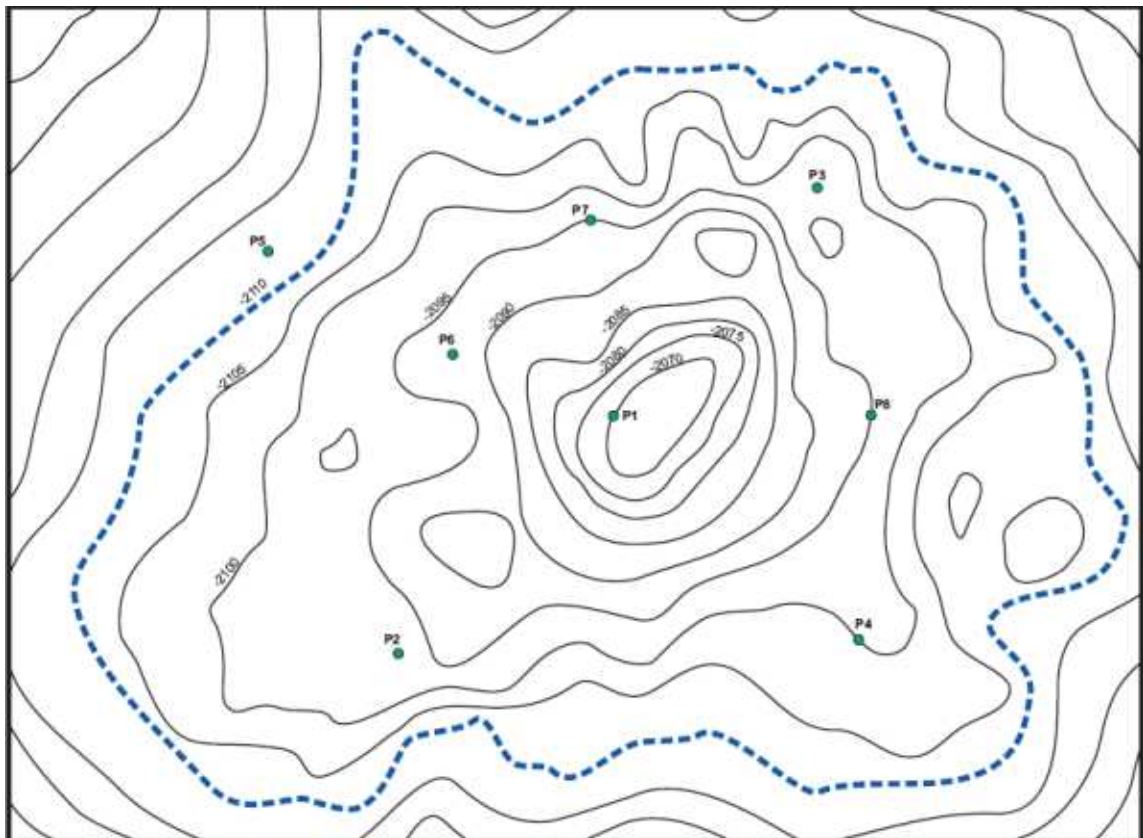
Como datos iniciales se cuenta con la información de 8 pozos perforados de avanzada, representados en un mapa estructural definido por sísmica, y los resultados de los ensayos PVT correspondientes.

Se presentarán los análisis económicos de distintos escenarios y, a partir de ellos, se determinará el número óptimo de pozos a perforar en el plazo definido.

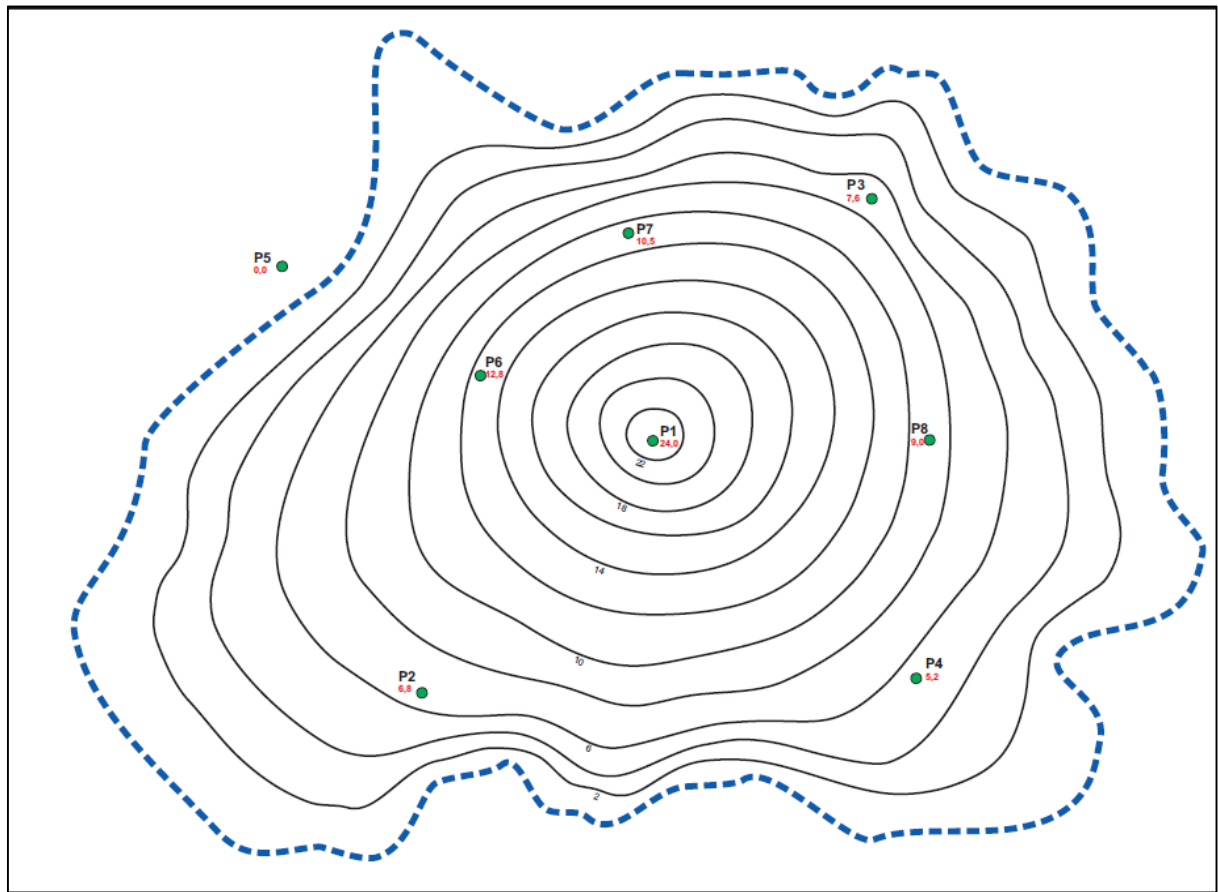
## 2- Descripción del Yacimiento y sus Propiedades

### Mapa Estructural Capa de Interés:

A partir de los datos de perfiles, testigos corona y ensayos de capa realizados sobre los pozos de avanzada, y como datos disponibles, se tiene un mapa con la estructura del yacimiento, los límites del reservorio y la ubicación de los pozos perforados (7 pozos productivos y 1 improductivo).



**Mapa Isopáquico:** mapa de isoespesores útiles.



#### Cálculo de Datos Promedio del Reservorio:

Se toman los datos disponibles de todos los pozos a excepción del P5 que se encuentra fuera de los límites del reservorio, y con ellos se calculan los valores promedio del reservorio.

| Pozo | Tope        | Base (CAP)  | Htotal   | N/G   | Hú       | Porosidad    | Sw           |
|------|-------------|-------------|----------|-------|----------|--------------|--------------|
|      | <i>mbnm</i> | <i>mbnm</i> | <i>m</i> |       | <i>m</i> | <i>frac.</i> | <i>frac.</i> |
| P1   | -2070       | -2110       | 40       | 0.600 | 24.0     | 0.228        | 0.286        |
| P2   | -2096.5     | -2110       | 13.5     | 0.500 | 6.8      | 0.146        | 0.440        |
| P3   | -2097.5     | -2110       | 12.5     | 0.610 | 7.6      | 0.174        | 0.341        |
| P4   | -2100       | -2110       | 10       | 0.520 | 5.2      | 0.155        | 0.407        |
| P5   | -2113       | -2110       | 0        |       | 0.0      |              |              |
| P6   | -2092       | -2110       | 18       | 0.710 | 12.8     | 0.201        | 0.308        |
| P7   | -2095       | -2110       | 15       | 0.700 | 10.5     | 0.162        | 0.319        |
| P8   | -2095       | -2110       | 15       | 0.600 | 9.0      | 0.233        | 0.321        |

Se calcula la porosidad promedio del reservorio como el promedio ponderado de la porosidad en cada pozo respecto del espesor útil. Además, se define la saturación de agua promedio como el promedio ponderado de la saturación de agua en cada pozo con respecto al producto de la porosidad y el espesor útil.

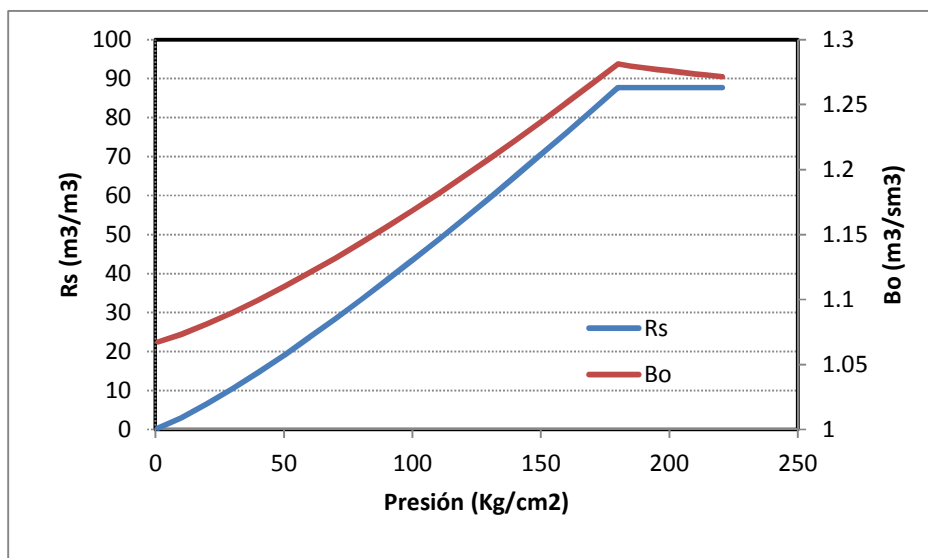
| $\Sigma H_{ui}$ | $\Sigma(H_{ui} \times \phi_i)$ | $\Sigma(H_{ui} \times \phi_i \times S_{wi})$ |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------------------------|
| 75.86           | 14.95                          | 4.79                                         |

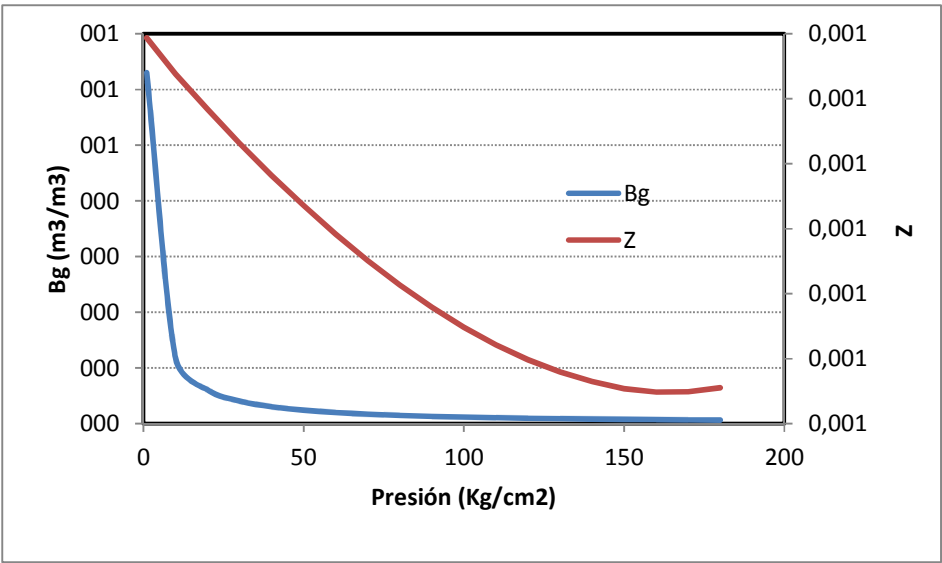
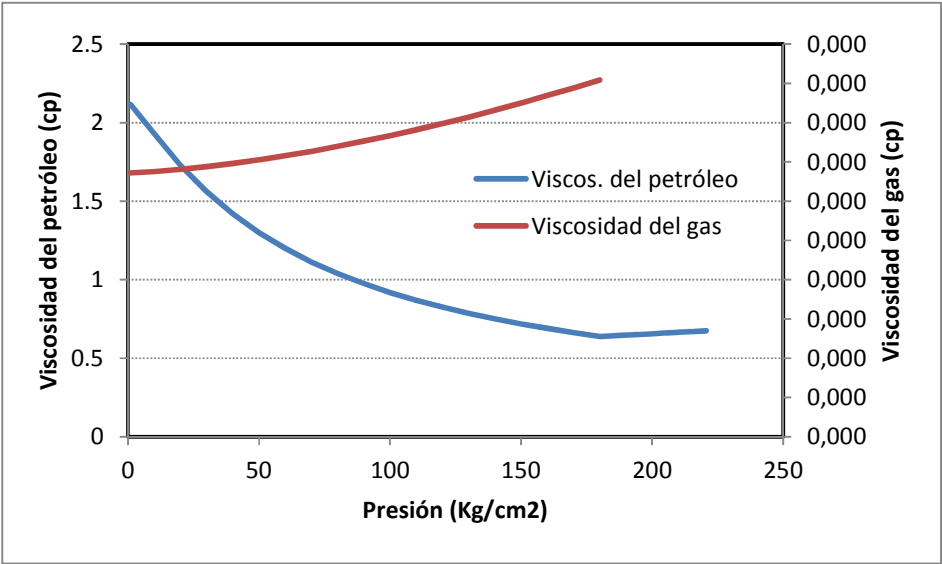
| $\phi$ prom. | $S_w$ prom. |
|--------------|-------------|
| 0.197        | 0.320       |

### Ensayo PVT de muestras de Fluidos:

Resultados de laboratorio:

- **Profundidad media del reservorio:** 2.301,14 mbbp.
- **Presión inicial del reservorio:** 220,6 Kg/cm<sup>2</sup> @ a prof. media.
- **Temperatura reservorio:** 91,3 °C = 364,3 K @ prof. media.
- **Densidad del gas (*aire=1*):** 0,65 @ 15,5 °C y 1 atm.
- **Salinidad del agua:** 25.000 ppm
- **Presión de burbuja:** 180 Kg/cm<sup>2</sup>
- **Densidad del petróleo:** 0,86
- **Impurezas del gas (*frac. molar*):** N<sub>2</sub>=0.02 y CO<sub>2</sub>=0.01; SH<sub>2</sub>=0





| Presión<br><i>Kg/cm2</i> | Rs<br><i>m3/m3</i> | Bo<br><i>m3/m3</i> | $\mu_o$<br><i>cp</i> | Z       | Bg<br><i>m3/m3</i> | $\mu_g$<br><i>cp</i> |
|--------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------|--------------------|----------------------|
| 220.6                    | 87.66              | 1.27152            | 0.676                |         |                    |                      |
| 215                      | 87.66              | 1.27262            | 0.67                 |         |                    |                      |
| 210                      | 87.66              | 1.27366            | 0.665                |         |                    |                      |
| 205                      | 87.66              | 1.27474            | 0.661                |         |                    |                      |
| 200                      | 87.66              | 1.27588            | 0.656                |         |                    |                      |
| 195                      | 87.66              | 1.27707            | 0.652                |         |                    |                      |
| 190                      | 87.66              | 1.27834            | 0.647                |         |                    |                      |
| 185                      | 87.66              | 1.27967            | 0.643                |         |                    |                      |
| 180                      | 87.66              | 1.28137            | 0.639                | 0.89108 | 0.006423           | 0.01817              |
| 170                      | 81.86              | 1.26614            | 0.663                | 0.8898  | 0.006792           | 0.01777              |
| 160                      | 76.13              | 1.25121            | 0.69                 | 0.88971 | 0.007208           | 0.01739              |
| 150                      | 70.47              | 1.23658            | 0.719                | 0.89079 | 0.007696           | 0.01701              |
| 140                      | 64.89              | 1.22227            | 0.751                | 0.89292 | 0.008261           | 0.01664              |
| 130                      | 59.39              | 1.20828            | 0.786                | 0.8959  | 0.008921           | 0.01629              |
| 120                      | 53.97              | 1.19462            | 0.826                | 0.8997  | 0.009699           | 0.01596              |
| 110                      | 48.64              | 1.18132            | 0.87                 | 0.90431 | 0.010627           | 0.01564              |
| 100                      | 43.42              | 1.16838            | 0.92                 | 0.90969 | 0.011749           | 0.01534              |
| 90                       | 38.29              | 1.15583            | 0.976                | 0.91582 | 0.013127           | 0.01506              |
| 80                       | 33.28              | 1.14367            | 1.04                 | 0.92266 | 0.014857           | 0.01479              |
| 70                       | 28.4               | 1.13194            | 1.114                | 0.93019 | 0.017087           | 0.01455              |
| 60                       | 23.65              | 1.12067            | 1.2                  | 0.93836 | 0.020061           | 0.01432              |
| 50                       | 19.07              | 1.10989            | 1.301                | 0.94714 | 0.024217           | 0.01412              |
| 40                       | 14.66              | 1.09966            | 1.42                 | 0.95648 | 0.030416           | 0.01393              |
| 30                       | 10.47              | 1.09004            | 1.562                | 0.96636 | 0.040632           | 0.01377              |
| 20                       | 6.55               | 1.08114            | 1.731                | 0.97674 | 0.060593           | 0.01363              |
| 10                       | 3.01               | 1.0732             | 1.93                 | 0.98762 | 0.117832           | 0.01351              |
| 1.03                     | 0.4                | 1.06739            | 2.116                | 0.9987  | 0.630047           | 0.01344              |

A partir de los datos disponibles del PVT, se buscaron aproximaciones polinómicas que sirvan para la obtención de valores intermedios y evitar así la interpolación ya que es menos exacta.

Las mejores aproximaciones polinómicas encontradas para presiones por encima de la de saturación son:

$$Bo = P^3 * (-3,31E-08) + P^2 * (2,14527E-05) + P * (-0,00483261) + 1,649451772$$

$$\mu_o = P^3 * (3,87E-08) + P^2 * (-2,07635E-05) + P * (0,004553799) + 0,266174101$$

Por debajo de la Presión de Saturación se determinaron:

$$R_s = P^3(-0,00000267) + P^2(0,00139323) + P(0,32314358) - 0,23991259$$

$$B_o = P^3(-5,7E-09) + P^2(3,7485E-06) + P(0,000703852) + 1,066037252$$

$$\mu_o = P^4(1,158E-09) + P^3(-7,13309E-07) + P^2(0,000178542) + P(-0,024153445) + 2,146187312$$

$$Z = P^3(5,7E-09) + P^2(2,0924E-06) + P(-0,001164074) + 0,999391411$$

Para la aproximación de  $B_g$  en lugar de una polinómica utilizamos la ecuación de estado para gases reales:  $PV = ZnRT$ . Sabiendo que el factor de volumen del gas es la relación entre el volumen del gas en condiciones de reservorio y el volumen que esa misma masa de gas ocupa en condiciones estándar, llegamos a que:

$$B_g = V_{res}/V_{std} = Z_{res} \cdot T_{res} / P_{res} \cdot 1.033 \text{ Kg/cm}^2 / 288,5 \text{ K}$$

$$B_g = Z_{res} \cdot 364,3 / P_{res} \cdot 1.033 \text{ Kg/cm}^2 / 288,5 \text{ (se toma cte la } T_{res} = 93,3 \text{ °C)}$$

$$\mu_g = P^2(9,15E-08) + P(1,02691E-05) + 0,013392977$$

#### Curvas de Permeabilidades Relativas:

| So   | So*    | Kro    | Sg   | Sg*    | krp    | krp/kro    |
|------|--------|--------|------|--------|--------|------------|
| 0.68 | 1.0000 | 1.0000 | 0    | 0.0000 | 0.0000 | 0          |
| 0.65 | 0.9302 | 0.8653 | 0.03 | 0.0698 | 0.0044 | 0.00513872 |
| 0.6  | 0.8140 | 0.6625 | 0.08 | 0.1860 | 0.0287 | 0.04326929 |
| 0.55 | 0.6977 | 0.4867 | 0.13 | 0.3023 | 0.0721 | 0.14814764 |
| 0.5  | 0.5814 | 0.3380 | 0.18 | 0.4186 | 0.1338 | 0.39589738 |
| 0.45 | 0.4651 | 0.2163 | 0.23 | 0.5349 | 0.2132 | 0.98552531 |
| 0.4  | 0.3488 | 0.1217 | 0.28 | 0.6512 | 0.3098 | 2.54602478 |
| 0.35 | 0.2326 | 0.0541 | 0.33 | 0.7674 | 0.4233 | 7.82746927 |
| 0.3  | 0.1163 | 0.0135 | 0.38 | 0.8837 | 0.5535 | 40.9348978 |
| 0.25 | 0.0000 | 0.0000 | 0.43 | 1.0000 | 0.7000 |            |

Siendo para  $S_{wi} = 0,32$ ,  $S_{org} = 0,25$  y  $K_{rg \text{ máx}} = 0,7$ :

$$S_o^* = (S_o - S_{org}) / (1 - S_{wi} - S_{org}) = (S_o - 0,25) / (1 - 0,32 - 0,25)$$

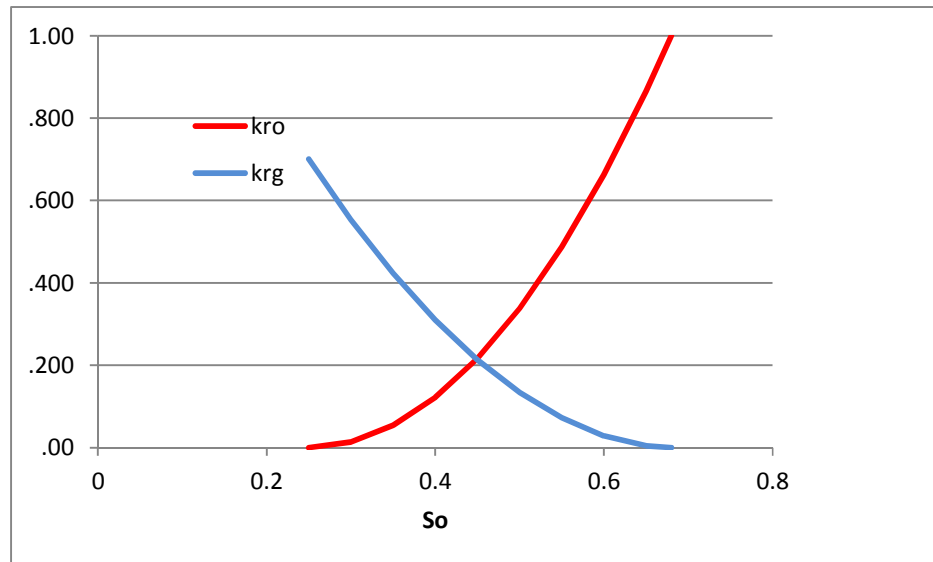
$$K_{ro} = S_o^{*2}$$

$$S_g = 1 - S_{wi} - S_o$$



$$S_g^* = (S_g - S_{cg}) / (1 - S_{wi} - S_{org}) = (S_o - 0) / (1 - 0,32 - 0,25)$$

$$K_{rg} = K_{rg \text{ máx}} \cdot S_g^{*1,9}$$

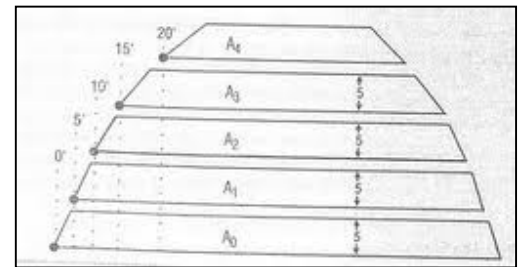


### 3- Cálculo Volumétrico del POIS

Del mapa isopáquico se calculan las áreas (midiendo en el mapa y transformando en función de la escala) correspondientes a cada isolínea tomando como intervalo 2 metros.

Se divide el isopáquico en 12 partes y se calcula su área:

| Área | cm2    | m2         |
|------|--------|------------|
| A11  | 2.44   | 74,725     |
| A10  | 9.74   | 298,288    |
| A9   | 24.40  | 747,250    |
| A8   | 46.38  | 1,420,388  |
| A7   | 78.34  | 2,399,163  |
| A6   | 123.24 | 3,774,225  |
| A5   | 179.22 | 5,488,613  |
| A4   | 246.66 | 7,553,963  |
| A3   | 328.60 | 10,063,375 |
| A2   | 421.96 | 12,922,525 |
| A1   | 515.20 | 15,778,000 |
| A0   | 657.12 | 20,124,300 |
| Δh   | 2 m    |            |



Como cada área tiene 2m de espesor se calcula el volumen de roca como:

$$\text{Vol} = h (A_0/2 + A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n/2)$$

Dando como resultado un volumen de roca de 141 MMm3.

Utilizando el Boi de 1.270 correspondiente a la presión inicial del reservorio, la porosidad promedio calculada y la saturación de agua inicial se calcula el POIS

$$\text{POIS} = 14.87 \text{MMm}^3 (= V_{\text{roca}} \cdot \phi \cdot (1 - S_{\text{wi}}) / \text{Boi})$$

### 4- Factor de Recuperación por Balance de Materiales:

Para el balance de materiales se tomaron las suposiciones que habitualmente tomamos para el caso: Yacimiento homogéneo.

- Características petrofísicas iguales a los valores promedio del yacimiento real.

- Los parámetros variables (P, So, Sg) cambian de manera uniforme y simultánea en todo el yacimiento.
- Los fluidos del reservorio se comportan en el yacimiento de igual forma que lo representado en el ensayo PVT.

**Con Cw y Cf en todo el rango**

|     |          |                      |
|-----|----------|----------------------|
| Cw  | 0.000048 | 1/Kg/cm <sup>2</sup> |
| Cf  | 0.000052 | 1/Kg/cm <sup>2</sup> |
| Swi | 0.32     |                      |
| Soi | 0.68     |                      |
| Ce  | 0.000099 | 1/Kg/cm <sup>2</sup> |
| Sor | 0.25     |                      |

Dadas las diferentes condiciones, vamos a dividir el análisis para los puntos por encima del punto de burbuja, sobre el punto de burbuja y por debajo del mismo.

- Balance de materiales por encima de Pb:

La fórmula simplificada resulta  $\rightarrow N_p = N_{is} B_{oi} (P_i - P) C_e / B_o$ .

Considerando el volumen original "in situ" igual a 1,  $N_p$  resulta ser el factor de recuperación como fracción del petróleo original.

- Balance de materiales por debajo del Pb:

Este caso tendrá lugar en la zona de flujo bifásico, y será necesario predecir el volumen de gas a extraer en cada etapa de presión. La ecuación simplificada considerando un empuje exclusivo por gas disuelto (sin casquete de gas libre ni entrada de agua) será:

$$N_{is} = N_p (B_t + B_g (R_P - R_{si})) / [ (B_t - B_{ti}) + B_{oi} C_e (P_i - P) ]$$

Del análisis de la ecuación se desprende que para un  $N_{is}$  dado, la presión, a través de los parámetros PVT, se relaciona con las acumuladas producidas, tanto de petróleo ( $N_p$ ) como de gas ( $G_p$ ), ya que la relación  $R_P$  es igual a  $G_p / N_p$ .

Al igual que lo considerado para el caso de los puntos por encima de Pb, consideramos  $N_{is} = 1$  y para cada etapa de presión, tratamos de encontrar  $N_p$ .

A diferencia del caso anterior, el cálculo no es directo ya que  $G_p$  debe ser determinado acumulando las variaciones de  $G_p$  obtenidas en todas las etapas previas, las que se calculan a partir de la RGP instantánea de la etapa y la producción  $\Delta N_p$  de dicha etapa.

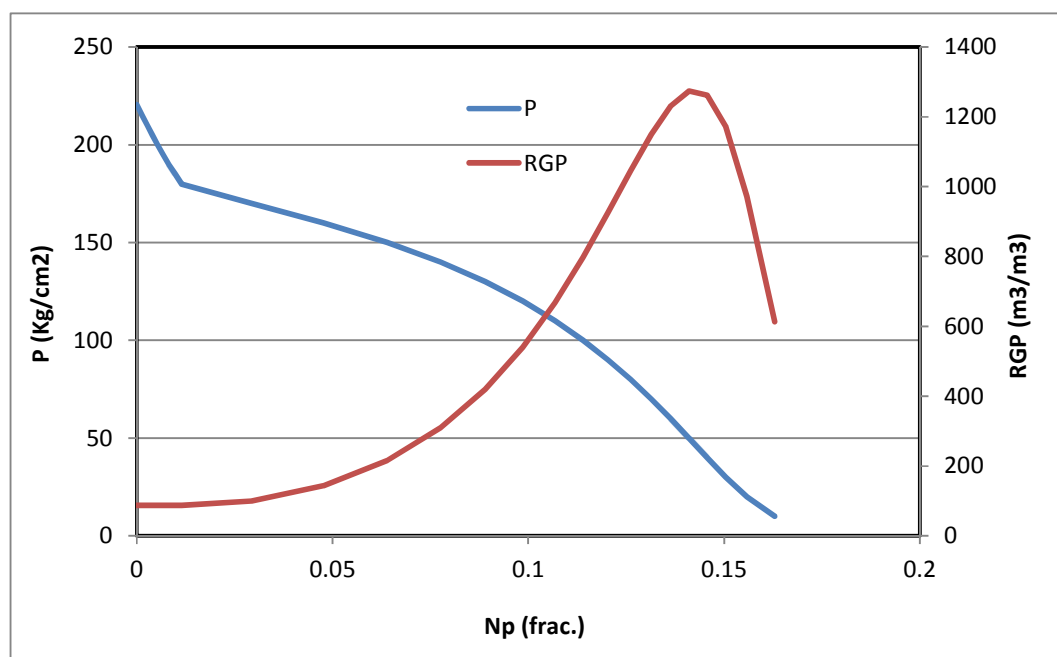
Al ser las viscosidades y factores de volumen dependientes de la presión, necesitaremos solo la relación de permeabilidades relativas  $k_{rg}/k_{ro}$ .

Al ser necesario conocer  $N_p$  para calcular  $S_o$ , se realiza un cálculo iterativo para obtener los distintos valores de  $N_p$ . Con el valor de  $S_o$ , se entra en la curva  $k_{rg} / k_{ro}$  versus  $S_o$ , y se determina la relación de permeabilidades relativas.

Ya con los datos de la relación de permeabilidades relativas, la viscosidad y factores de volumen en función de la presión, se calcula la RGP instantánea. La RGP media se obtendrá como  $(R_{Ij} + R_{I(j-1)})/2$ . Mediante el producto de RGP media y el petróleo producido en cada etapa se calcula  $\Delta G_p$ .

Aplicando la ecuación de BM para este caso, calcularemos el petróleo original que deberá ser 1 si el valor asumido de  $N_p$  es correcto.

Esto se repite para todas las etapas de presión hasta llegar a la presión de abandono.  $N_p$  a esta presión representará el factor de recuperación por energía primaria.



En el gráfico se muestra como es el comportamiento combinado entre la presión y RGP. A medida que avanza la explotación se incrementa el petróleo extraído a medida que cae la presión del reservorio.

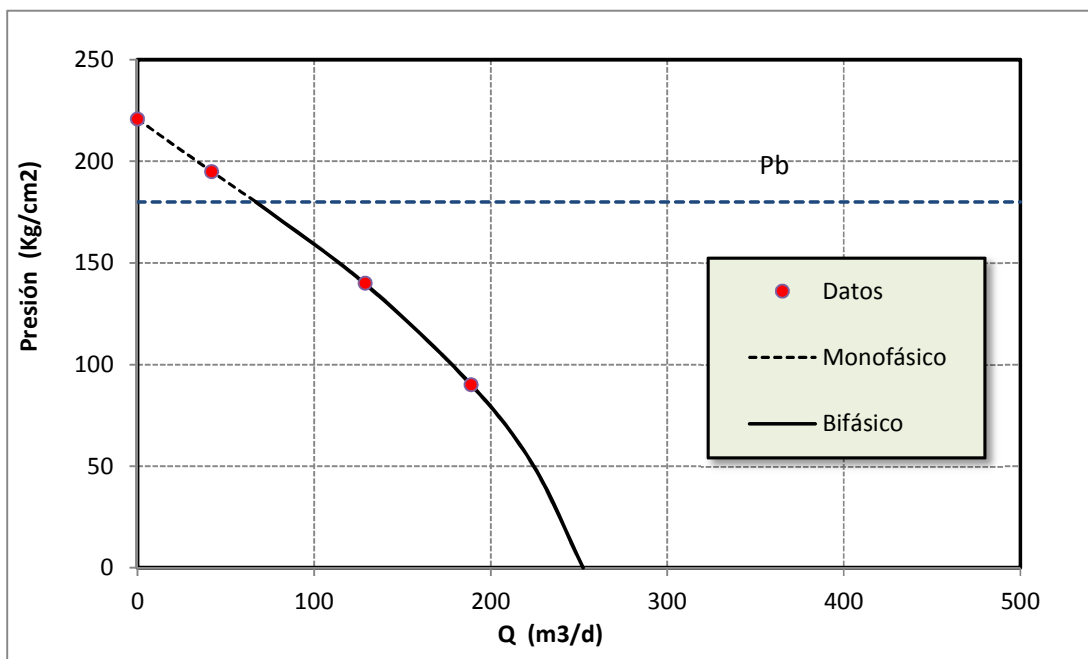
|                   | Presión<br>Kg/cm2 | Np    | Rs<br>m3/m3 | Bo<br>m3/m3 | μo<br>cp | Z      | Bg<br>m3/m3 | μg<br>cp | Bt<br>m3/m3 | So     | So*    | kro    | Sg*    | krp     | krp/kro | RGP<br>m3/m3 | DGP     | GP       | RP<br>m3/m3 | Nis   |
|-------------------|-------------------|-------|-------------|-------------|----------|--------|-------------|----------|-------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------------|---------|----------|-------------|-------|
| P <sub>sat.</sub> | 220.6             | 0.000 | 87.50       | 1.2720      | 0.676    |        |             |          | 1.2720      | 0.6800 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.00000 | 0.00000 | 87.50        |         | 0        | 87.50       |       |
|                   | 215               | 0.001 | 87.50       | 1.2731      | 0.670    |        |             |          | 1.2731      |        |        |        |        |         |         | 87.50        | 0.12491 | 0.12491  | 87.50       | 1.000 |
|                   | 210               | 0.003 | 87.50       | 1.2741      | 0.665    |        |             |          | 1.2741      |        |        |        |        |         |         | 87.50        | 0.11164 | 0.23655  | 87.50       | 1.000 |
|                   | 205               | 0.004 | 87.50       | 1.2752      | 0.661    |        |             |          | 1.2752      |        |        |        |        |         |         | 87.50        | 0.11352 | 0.35007  | 87.50       | 1.000 |
|                   | 200               | 0.005 | 87.50       | 1.2762      | 0.656    |        |             |          | 1.2762      |        |        |        |        |         |         | 87.50        | 0.11707 | 0.46714  | 87.50       | 1.000 |
|                   | 195               | 0.007 | 87.50       | 1.2774      | 0.652    |        |             |          | 1.2774      |        |        |        |        |         |         | 87.50        | 0.12229 | 0.58943  | 87.50       | 1.000 |
|                   | 190               | 0.008 | 87.50       | 1.2787      | 0.647    |        |             |          | 1.2787      |        |        |        |        |         |         | 87.50        | 0.12916 | 0.71859  | 87.50       | 1.000 |
|                   | 185               | 0.010 | 87.50       | 1.2801      | 0.643    |        |             |          | 1.2801      |        |        |        |        |         |         | 87.50        | 0.13766 | 0.85625  | 87.50       | 1.000 |
|                   | 180               | 0.011 | 87.50       | 1.2816      | 0.639    | 0.8909 | 0.006456    | 0.01821  | 1.2816      | 0.6800 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.00000 | 0.00000 | 87.50        | 0.14776 | 1.00401  | 87.50       | 1.000 |
|                   | 170               | 0.029 | 81.84       | 1.2660      | 0.663    | 0.8900 | 0.006829    | 0.01778  | 1.3046      | 0.6587 | 0.9504 | 0.9033 | 0.0496 | 0.00232 | 0.00257 | 99.61        | 1.66914 | 2.67314  | 91.18       | 1.000 |
|                   | 160               | 0.048 | 76.19       | 1.2513      | 0.689    | 0.8901 | 0.007256    | 0.01738  | 1.3333      | 0.6390 | 0.9047 | 0.8185 | 0.0953 | 0.00804 | 0.00982 | 143.41       | 2.23162 | 4.90477  | 102.86      | 1.000 |
|                   | 150               | 0.064 | 70.57       | 1.2367      | 0.719    | 0.8911 | 0.007749    | 0.01699  | 1.3679      | 0.6211 | 0.8631 | 0.7449 | 0.1369 | 0.01601 | 0.02149 | 215.72       | 2.92126 | 7.82603  | 122.37      | 1.000 |
|                   | 140               | 0.078 | 64.98       | 1.2224      | 0.752    | 0.8931 | 0.008321    | 0.01662  | 1.4097      | 0.6053 | 0.8263 | 0.6827 | 0.1737 | 0.02517 | 0.03686 | 309.83       | 3.58814 | 11.41417 | 147.08      | 1.000 |
|                   | 130               | 0.089 | 59.45       | 1.2084      | 0.787    | 0.8959 | 0.008990    | 0.01627  | 1.4605      | 0.5913 | 0.7937 | 0.6299 | 0.2063 | 0.03490 | 0.05540 | 419.66       | 4.15077 | 15.56494 | 174.91      | 1.000 |
|                   | 120               | 0.099 | 53.99       | 1.1946      | 0.826    | 0.8997 | 0.009780    | 0.01594  | 1.5223      | 0.5787 | 0.7644 | 0.5843 | 0.2356 | 0.04489 | 0.07683 | 540.41       | 4.60649 | 20.17143 | 204.61      | 1.000 |
|                   | 110               | 0.107 | 48.61       | 1.1812      | 0.870    | 0.9042 | 0.010723    | 0.01563  | 1.5982      | 0.5673 | 0.7379 | 0.5444 | 0.2621 | 0.05499 | 0.10101 | 667.84       | 4.97196 | 25.14338 | 235.40      | 1.000 |
|                   | 100               | 0.114 | 43.34       | 1.1682      | 0.919    | 0.9096 | 0.011865    | 0.01533  | 1.6921      | 0.5568 | 0.7135 | 0.5091 | 0.2865 | 0.06511 | 0.12789 | 797.75       | 5.26277 | 30.40616 | 266.73      | 1.000 |
|                   | 90                | 0.120 | 38.18       | 1.1556      | 0.975    | 0.9157 | 0.013272    | 0.01506  | 1.8101      | 0.5471 | 0.6910 | 0.4774 | 0.3090 | 0.07518 | 0.15746 | 925.47       | 5.49026 | 35.89642 | 298.23      | 1.000 |
|                   | 80                | 0.126 | 33.16       | 1.1434      | 1.039    | 0.9226 | 0.015043    | 0.01480  | 1.9607      | 0.5381 | 0.6700 | 0.4489 | 0.3300 | 0.08517 | 0.18973 | 1045.39      | 5.66214 | 41.55856 | 329.54      | 1.000 |
|                   | 70                | 0.131 | 28.29       | 1.1317      | 1.113    | 0.9301 | 0.017332    | 0.01456  | 2.1579      | 0.5297 | 0.6504 | 0.4230 | 0.3496 | 0.09505 | 0.22471 | 1150.33      | 5.78376 | 47.34232 | 360.34      | 1.000 |
|                   | 60                | 0.136 | 23.59       | 1.1205      | 1.201    | 0.9383 | 0.020399    | 0.01434  | 2.4242      | 0.5217 | 0.6319 | 0.3993 | 0.3681 | 0.10480 | 0.26245 | 1230.80      | 5.85889 | 53.20121 | 390.32      | 1.000 |
|                   | 50                | 0.141 | 19.07       | 1.1099      | 1.303    | 0.9471 | 0.024709    | 0.01414  | 2.8007      | 0.5142 | 0.6145 | 0.3776 | 0.3855 | 0.11444 | 0.30309 | 1273.99      | 5.89044 | 59.09164 | 419.07      | 1.000 |
|                   | 40                | 0.146 | 14.74       | 1.0998      | 1.423    | 0.9565 | 0.031193    | 0.01395  | 3.3691      | 0.5071 | 0.5979 | 0.3574 | 0.4021 | 0.12400 | 0.34691 | 1262.47      | 5.88081 | 64.97245 | 446.11      | 1.000 |
|                   | 30                | 0.150 | 10.64       | 1.0904      | 1.564    | 0.9665 | 0.042024    | 0.01378  | 4.3203      | 0.5002 | 0.5818 | 0.3385 | 0.4182 | 0.13359 | 0.39468 | 1172.60      | 5.83235 | 70.80481 | 470.67      | 1.000 |
| P abandono        | 20                | 0.156 | 6.76        | 1.0816      | 1.729    | 0.9770 | 0.063720    | 0.01363  | 6.2261      | 0.4933 | 0.5657 | 0.3200 | 0.4343 | 0.14351 | 0.44843 | 971.95       | 5.74783 | 76.55264 | 491.37      | 1.000 |
|                   | 10                | 0.163 | 3.13        | 1.0734      | 1.922    | 0.9880 | 0.128871    | 0.01350  | 11.9459     | 0.4857 | 0.5481 | 0.3004 | 0.4519 | 0.15476 | 0.51514 | 613.75       | 5.63207 | 82.18471 | 504.52      | 1.000 |
|                   | 1.03              | 0.177 | 0.09        | 1.0668      | 2.121    | 0.9982 | 1.264130    | 0.01340  | 111.5527    | 0.4747 | 0.5226 | 0.2731 | 0.4774 | 0.17178 | 0.62894 | 84.10        | 4.94283 | 87.12754 | 492.07      | 1.000 |

## 5- Comportamiento de los pozos (curvas IPR)

Construcción de Curvas IPR de ensayos por orificio:

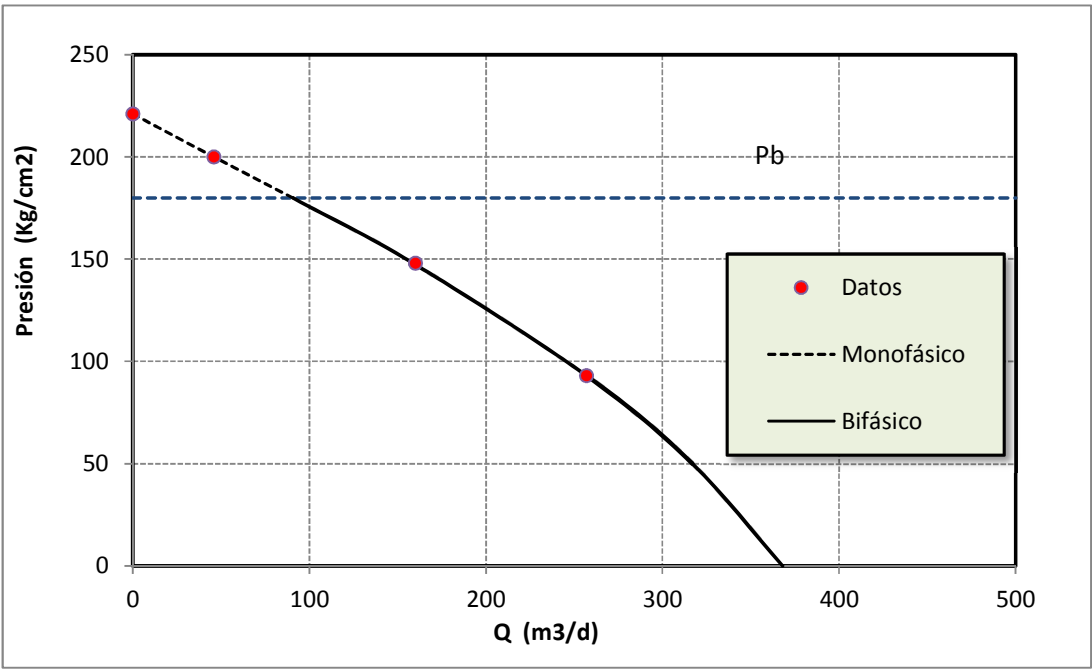
|                |         |      |               |                  |          |             |               |            |                |
|----------------|---------|------|---------------|------------------|----------|-------------|---------------|------------|----------------|
| <b>Pozo 1</b>  |         |      |               |                  |          |             | 185.3377      |            |                |
|                |         |      |               |                  |          | $b$         | 0.3673        |            |                |
| DATOS DE CAMPO |         |      |               | PERÍODO BIFÁSICO |          |             | $a$           | 0.6328     |                |
|                | Presión | Qo   |               | Presión          | Qo total | Qo bifásico | Qo bif. calc. | Error abs. | Qo total calc. |
|                | Kg/cm2  | m3/d |               | Kg/cm2           | m3/d     | m3/d        | m3/d          | m3/d       | m3/d           |
| Cerrado        | 220.8   | 0    |               |                  |          |             |               |            |                |
| Orificio 1     | 195     | 42   | Pto. de burb. | 180              | 67.01    | 0.00        | 0.00          | 1.0288E-14 | 67.01          |
| Orificio 2     | 140     | 129  | Orificio 2    | 140              | 129      | 61.99       | 61.46         | 0.5315     | 128.47         |
| Orificio 3     | 90      | 189  | Orificio 3    | 90               | 189      | 121.99      | 121.99        | 0.0000     | 189.00         |
|                |         |      |               | 50               |          |             | 157.38        | 0.5316     | 224.39         |
|                |         |      |               | 0                |          |             | 185.34        |            | 252.35         |

| PERÍODO MONOFÁSICO |        |         |                  |                               |                                           |
|--------------------|--------|---------|------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|
| P                  | Bo     | $\mu_o$ | m                | Qmonof.                       | Jo                                        |
|                    |        |         | C/(Bo. $\mu_o$ ) | $\Sigma_{mav.}(P_s - P_{wf})$ | Qmonof/(P <sub>s</sub> -P <sub>wf</sub> ) |
| 220.8              | 1.2720 | 0.6760  | 1.6008           | 0                             | 1.6008                                    |
| 215                | 1.2731 | 0.670   | 1.6135           | 9.32                          | 1.6071                                    |
| 210                | 1.2741 | 0.665   | 1.6240           | 17.41                         | 1.6125                                    |
| 205                | 1.2752 | 0.661   | 1.6342           | 25.56                         | 1.6177                                    |
| 200                | 1.2762 | 0.656   | 1.6440           | 33.76                         | 1.6229                                    |
| 195                | 1.2774 | 0.652   | 1.6537           | 42.0000                       | 1.6279                                    |
| 190                | 1.2787 | 0.647   | 1.6630           | 50.29                         | 1.6328                                    |
| 185                | 1.2801 | 0.643   | 1.6722           | 58.63                         | 1.6377                                    |
| 180                | 1.2816 | 0.639   | 1.6812           | 67.01                         | 1.6425                                    |
|                    |        |         | C =              | 1.3764                        |                                           |



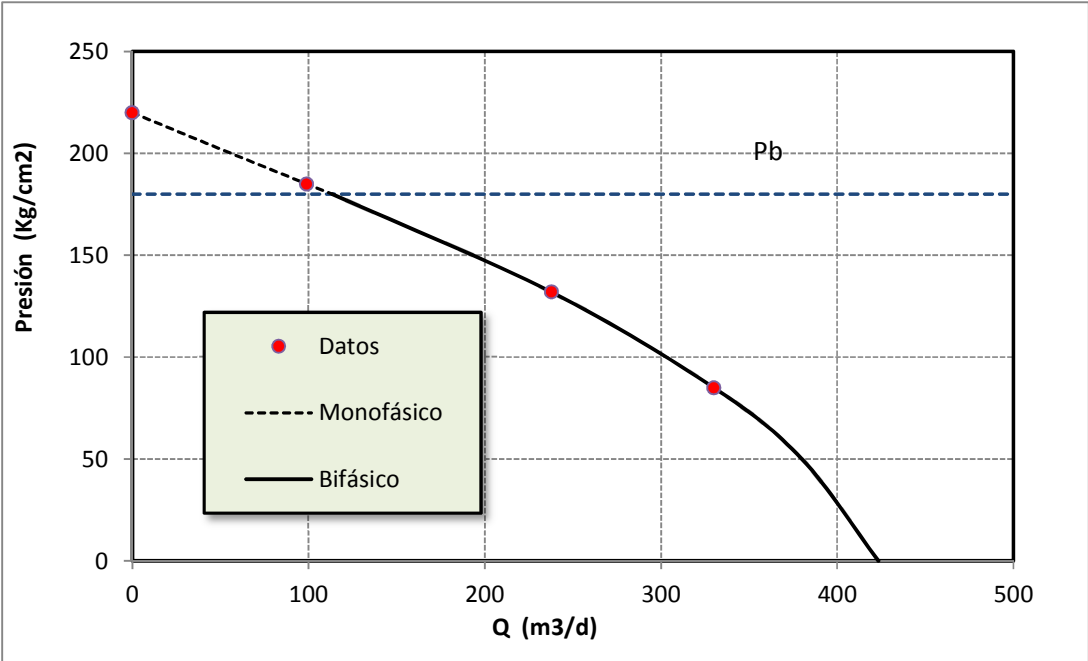
|                |         |      |               |                  |          |             |               |            |                |
|----------------|---------|------|---------------|------------------|----------|-------------|---------------|------------|----------------|
| Pozo 2         |         |      |               |                  |          |             | 277.2962      |            |                |
|                |         |      |               |                  |          |             | 0.5337        |            |                |
| DATOS DE CAMPO |         |      |               | PERÍODO BIFÁSICO |          |             | 0.4663        |            |                |
|                | Presión | Qo   |               | Presión          | Qo total | Qo bifásico | Qo bif. calc. | Error abs. | Qo total calc. |
|                | Kg/cm2  | m3/d |               | Kg/cm2           | m3/d     | m3/d        | m3/d          | m3/d       | m3/d           |
| Cerrado        | 221.1   | 0    |               |                  |          |             |               |            |                |
| Orificio 1     | 200     | 46   | Pto. de burb. | 180              | 90.69    | 0.00        | 0.00          | 0          | 90.69          |
| Orificio 2     | 148     | 160  | Orificio 2    | 148              | 160      | 69.31       | 68.20         | 1.1180     | 158.88         |
| Orificio 3     | 93      | 257  | Orificio 3    | 93               | 257      | 166.31      | 166.31        | 0.0000     | 257.00         |
|                |         |      |               | 50               |          |             | 226.21        | 1.1180     | 316.89         |
|                |         |      |               | 0                |          |             | 277.30        |            | 367.98         |

| Período monofásico |        |        | m         | Qmonof.       | Jo              |
|--------------------|--------|--------|-----------|---------------|-----------------|
| P                  | Bo     | μo     | C/(Bo.μo) | Σmav.(Ps-Pwf) | Qmonof/(Ps-Pwf) |
| 221.1              | 1.2719 | 0.6763 | 2.1500    | 0             | 2.1500          |
| 215                | 1.2731 | 0.670  | 2.1679    | 13.17         | 2.2706          |
| 210                | 1.2741 | 0.665  | 2.1820    | 24.04         | 2.2263          |
| 205                | 1.2752 | 0.661  | 2.1957    | 34.99         | 2.2145          |
| 200                | 1.2762 | 0.656  | 2.2090    | 46.0000       | 2.2115          |
| 195                | 1.2774 | 0.652  | 2.2219    | 57.08         | 2.2123          |
| 190                | 1.2787 | 0.647  | 2.2345    | 68.22         | 2.2149          |
| 185                | 1.2801 | 0.643  | 2.2468    | 79.42         | 2.2185          |
| 180                | 1.2816 | 0.639  | 2.2589    | 90.69         | 2.2227          |
| C =                |        |        | 1.84936   |               |                 |



|                |         |      |               |                  |          |             |               |            |                |
|----------------|---------|------|---------------|------------------|----------|-------------|---------------|------------|----------------|
| Pozo 3         |         |      |               |                  |          |             | 309.9367      |            |                |
|                |         |      |               |                  |          |             | 0.3145        |            |                |
| DATOS DE CAMPO |         |      |               | PERÍODO BIFÁSICO |          |             | 0.6855        |            |                |
|                | Presión | Qo   |               | Presión          | Qo total | Qo bifásico | Qo bif. calc. | Error abs. | Qo total calc. |
|                | Kg/cm2  | m3/d |               | Kg/cm2           | m3/d     | m3/d        | m3/d          | m3/d       | m3/d           |
| Cerrado        | 220     | 0    |               |                  |          |             |               |            |                |
| Orificio 1     | 185     | 99   | Pto. de burb. | 180              | 113.47   | 0.00        | 0.00          | 1.7205E-14 | 113.47         |
| Orificio 2     | 132     | 238  | Orificio 2    | 132              | 238      | 124.53      | 124.20        | 0.3311     | 237.67         |
| Orificio 3     | 85      | 330  | Orificio 3    | 85               | 330      | 216.53      | 216.53        | 0.0000     | 330.00         |
|                |         |      |               | 50               |          |             | 266.47        | 0.3311     | 379.94         |
|                |         |      |               | 0                |          |             | 309.94        |            | 423.41         |

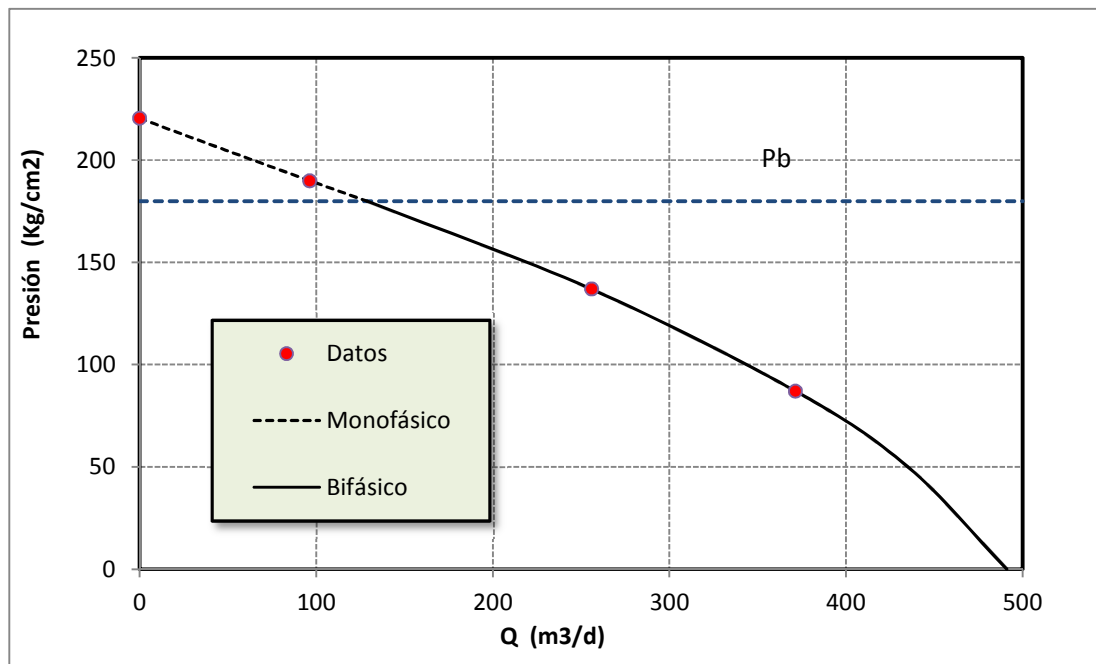
| Período monofásico |        |       |           |               |                 |
|--------------------|--------|-------|-----------|---------------|-----------------|
| P                  | Bo     | μo    | m         | Qmonof.       | Jo              |
|                    |        |       | C/(Bo.μo) | Σmav.(Ps-Pwf) | Qmonof/(Ps-Pwf) |
| 220                | 1.2721 | 0.675 | 2.7665    | 0             | 2.7665          |
| 215                | 1.2731 | 0.670 | 2.7853    | 13.88         | 2.3930          |
| 210                | 1.2741 | 0.665 | 2.8034    | 27.85         | 2.5788          |
| 205                | 1.2752 | 0.661 | 2.8210    | 41.91         | 2.6527          |
| 200                | 1.2762 | 0.656 | 2.8381    | 56.06         | 2.6952          |
| 195                | 1.2774 | 0.652 | 2.8547    | 70.29         | 2.7245          |
| 190                | 1.2787 | 0.647 | 2.8709    | 84.61         | 2.7470          |
| 185                | 1.2801 | 0.643 | 2.8867    | 99.0000       | 2.7654          |
| 180                | 1.2816 | 0.639 | 2.9022    | 113.47        | 2.7812          |
|                    |        |       | C =       | 2.376067      |                 |





|                |         |       |               |                  |          |             |               |            |                |
|----------------|---------|-------|---------------|------------------|----------|-------------|---------------|------------|----------------|
| <b>Pozo 4</b>  |         |       |               |                  |          |             | 362.3724      |            |                |
|                |         |       |               |                  |          |             | 0.3853        |            |                |
| DATOS DE CAMPO |         |       |               | PERÍODO BIFÁSICO |          |             | 0.6147        |            |                |
|                |         |       |               |                  |          |             | 0             |            |                |
|                | Presión | Qo    |               | Presión          | Qo total | Qo bifásico | Qo bif. calc. | Error abs. | Qo total calc. |
|                | Kg/cm2  | m3/d  |               | Kg/cm2           | m3/d     | m3/d        | m3/d          | m3/d       | m3/d           |
| Cerrado        | 220.5   | 0     |               |                  |          |             |               |            |                |
| Orificio 1     | 190     | 96.32 | Pto. de burb. | 180              | 128.65   | 0.00        | 0.00          | 0          | 128.65         |
| Orificio 2     | 137     | 256   | Orificio 2    | 137              | 256.00   | 127.35      | 127.07        | 0.2844     | 255.72         |
| Orificio 3     | 87      | 372   | Orificio 3    | 87               | 371.50   | 242.85      | 242.85        | 0.0002     | 371.50         |
|                |         |       |               | 50               |          |             | 306.40        | 0.2846     | 435.05         |
|                |         |       |               | 0                |          |             | 362.37        |            | 491.02         |

| Período monofásico |        |         | m                    | Qmonof.                            | Jo                                                  |
|--------------------|--------|---------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| P                  | Bo     | $\mu_o$ | $C/(Bo \cdot \mu_o)$ | $\sum m_{av} \cdot (P_s - P_{wf})$ | $\sum m_{av} \cdot (P_s - P_{wf}) / (P_s - P_{wf})$ |
| 220.5              | 1.2720 | 0.6757  | 3.0966               | 0                                  | 3.0966                                              |
| 215                | 1.2731 | 0.670   | 3.1198               | 17.10                              | 2.9474                                              |
| 210                | 1.2741 | 0.665   | 3.1401               | 32.74                              | 3.0319                                              |
| 205                | 1.2752 | 0.661   | 3.1598               | 48.49                              | 3.0693                                              |
| 200                | 1.2762 | 0.656   | 3.1789               | 64.34                              | 3.0933                                              |
| 195                | 1.2774 | 0.652   | 3.1975               | 80.28                              | 3.1117                                              |
| 190                | 1.2787 | 0.647   | 3.2156               | 96.32                              | 3.1271                                              |
| 185                | 1.2801 | 0.643   | 3.2333               | 112.44                             | 3.1407                                              |
| 180                | 1.2816 | 0.639   | 3.2507               | 128.6475                           | 3.1531                                              |
|                    |        |         | C =                  | 2.661404                           |                                                     |



Para presiones dinámicas de fondo por encima de la presión de burbuja, la relación IPR corresponde al período monofásico y es una recta.

En cambio para presiones de fluencia que caen por debajo de la presión de burbuja el índice de productividad dependerá de Q, y esto produce la curvatura de la gráfica de IPR.

La construcción de la curva se realiza entonces a partir de 2 ensayos, uno en flujo monofásico y otro en flujo bifásico. Se necesita también conocer la presión estática inicial, el estudio PVT y un juego de curvas de permeabilidades relativas gas-petróleo que resulten representativas.

### Construcción de Curva IPR Promedio:

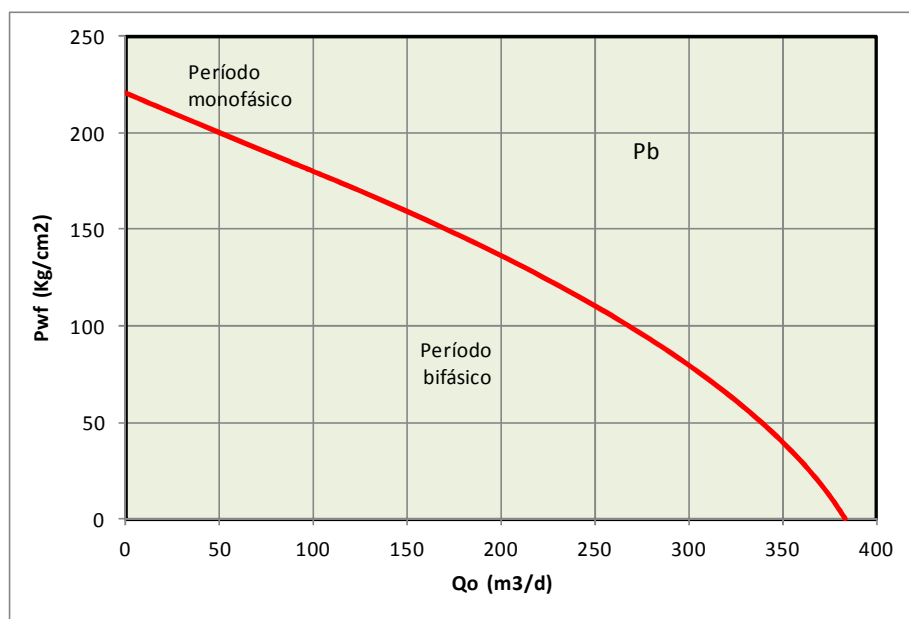
| 1) Período monofásico                                                               |  |  |  | Pozo 1 | Pozo 2 | Pozo 3 | Pozo 4 | Promedio | De Cálculo |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--------|--------|--------|--------|----------|------------|
| Presión estática: Kg/cm <sup>2</sup>                                                |  |  |  | 220.8  | 221.1  | 220    | 220.5  | 220.6    |            |
| Caudal máximo monofásico (a P <sub>b</sub> ): (m <sup>3</sup> /d)                   |  |  |  | 67.01  | 90.69  | 113.47 | 128.65 | 99.95    |            |
| Constante C: cp. m <sup>3</sup> /d /Kg/cm <sup>2</sup>                              |  |  |  | 1.3764 | 1.8494 | 2.3761 | 2.6614 | 2.0658   | 2.0629     |
| Pendiente de la curva para P=P <sub>b</sub> : m <sup>3</sup> /d /Kg/cm <sup>2</sup> |  |  |  | 1.6812 | 2.2589 | 2.9022 | 3.2507 | 2.5232   | 2.5196     |

| Cálculo:           |                                |       |                                                    |                                                                           |                                                                                                  |
|--------------------|--------------------------------|-------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P                  | Bo                             | μo    | m                                                  | Q <sub>monof.</sub>                                                       | Jo                                                                                               |
| Kg/cm <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> | cp    | C/(Bo.μo)<br>m <sup>3</sup> /d /Kg/cm <sup>2</sup> | Σ <sub>mav.</sub> (P <sub>s</sub> -P <sub>wf</sub> )<br>m <sup>3</sup> /d | Q <sub>monof.</sub> /(P <sub>s</sub> -P <sub>wf</sub> )<br>m <sup>3</sup> /d /Kg/cm <sup>2</sup> |
| 220.6              | 1.2720                         | 0.676 | 2.3998                                             | 0.00                                                                      | 2.3998                                                                                           |
| 215                | 1.2731                         | 0.670 | 2.4181                                             | 13.49                                                                     | 2.4090                                                                                           |
| 210                | 1.2741                         | 0.665 | 2.4339                                             | 25.62                                                                     | 2.4170                                                                                           |
| 205                | 1.2752                         | 0.661 | 2.4492                                             | 37.83                                                                     | 2.4249                                                                                           |
| 200                | 1.2762                         | 0.656 | 2.4640                                             | 50.11                                                                     | 2.4326                                                                                           |
| 195                | 1.2774                         | 0.652 | 2.4784                                             | 62.47                                                                     | 2.4401                                                                                           |
| 190                | 1.2787                         | 0.647 | 2.4924                                             | 74.89                                                                     | 2.4475                                                                                           |
| 185                | 1.2801                         | 0.643 | 2.5061                                             | 87.39                                                                     | 2.4548                                                                                           |
| 180                | 1.2816                         | 0.639 | 2.5196                                             | 99.95                                                                     | 2.4619                                                                                           |
|                    |                                |       |                                                    |                                                                           |                                                                                                  |
|                    |                                |       | C =                                                | 2.06285                                                                   |                                                                                                  |

| 2) Período bifásico                            |  |  |        |        |        |        |          |
|------------------------------------------------|--|--|--------|--------|--------|--------|----------|
|                                                |  |  | Pozo 1 | Pozo 2 | Pozo 3 | Pozo 4 | Promedio |
| Q <sub>máx.</sub> bifásico (m <sup>3</sup> /d) |  |  | 185.34 | 277.30 | 309.94 | 362.37 | 283.74   |
| Coeficiente b del término lineal               |  |  | 0.3673 | 0.5337 | 0.3145 | 0.3853 | 0.4002   |

A partir de los datos obtenidos en los puntos de análisis construimos la curva IPR Promedio

|            | Presión            | Q <sub>monof.</sub> | Q <sub>bif.</sub> | Q <sub>total</sub> |
|------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
|            | Kg/cm <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> /d   | m <sup>3</sup> /d | m <sup>3</sup> /d  |
|            | 220.6              | 0.00                | 0.00              | 0.00               |
|            | 215                | 13.49               | 0.00              | 13.49              |
| Período    | 210                | 25.62               | 0.00              | 25.62              |
| monofásico | 205                | 37.83               | 0.00              | 37.83              |
|            | 200                | 50.11               | 0.00              | 50.11              |
|            | 195                | 62.47               | 0.00              | 62.47              |
|            | 190                | 74.89               | 0.00              | 74.89              |
|            | 185                | 87.39               | 0.00              | 87.39              |
| Psat.      | 180                | 99.95               | 0.00              | 99.95              |
|            | 170                | 99.95               | 24.67             | 124.63             |
|            | 160                | 99.95               | 48.30             | 148.25             |
|            | 150                | 99.95               | 70.87             | 170.83             |
|            | 140                | 99.95               | 92.40             | 192.35             |
| Período    | 130                | 99.95               | 112.87            | 212.83             |
| bifásico   | 120                | 99.95               | 132.30            | 232.25             |
|            | 110                | 99.95               | 150.67            | 250.62             |
|            | 100                | 99.95               | 167.99            | 267.95             |
|            | 90                 | 99.95               | 184.27            | 284.22             |
|            | 80                 | 99.95               | 199.49            | 299.45             |
|            | 70                 | 99.95               | 213.67            | 313.62             |
|            | 60                 | 99.95               | 226.79            | 326.75             |
|            | 50                 | 99.95               | 238.87            | 338.82             |
|            | 40                 | 99.95               | 249.89            | 349.85             |
|            | 30                 | 99.95               | 259.87            | 359.82             |
|            | 20                 | 99.95               | 268.79            | 368.75             |
|            | 10                 | 99.95               | 276.67            | 376.62             |
|            | 1.03               | 99.95               | 282.84            | 382.79             |
|            | 0                  | 99.95               | 283.49            | 383.45             |



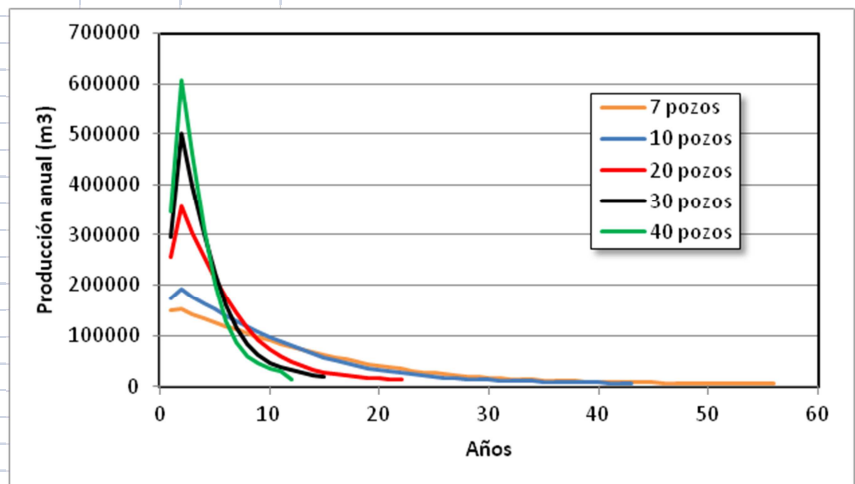
## 6- Pronósticos de producción

La previsión de producción se basa en la combinación del balance de materiales con las curvas IPR representativas del comportamiento de los pozos. Para completar el análisis se requiere también el volumen original in situ, el número de pozos productivos y la presión dinámica de fondo para cada momento.

A partir del análisis del caudal de producción de cada pozo y sabiendo que  $Q_o \text{ yac med} = \Delta NP / \Delta t$ , se calcula el tiempo de duración de la etapa.

Acumulando los  $\Delta t$ , obtendremos los tiempos de producción para cada grupo de valores  $Q_o$ ,  $P_s$  y  $N_p$ . De esta forma se determina la curva  $Q_o$  vs  $t$ , que permitirá prever la producción.

|                   | Caso base   | Caso 1      | Caso 2      | Caso 3      | Caso 4      |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Pozos perforados  | 8           | 10          | 20          | 30          | 40          |
| Pozos productivos | 7           | 9           | 18          | 27          | 36          |
| t                 | Prod. anual | Prod. anual | Prod. anual | Prod. anual | Prod. anual |
| años              | m3          | m3          | m3          | m3          | m3          |
| 1                 | 150927      | 173163      | 255017      | 295750      | 346520      |
| 2                 | 151395      | 191451      | 356613      | 501840      | 607244      |
| 3                 | 142840      | 177512      | 304729      | 396823      | 460208      |
| 4                 | 134526      | 164061      | 257006      | 302320      | 312648      |
| 5                 | 126462      | 151201      | 214574      | 224217      | 201848      |
| 6                 | 118684      | 138995      | 177155      | 161476      | 127981      |
| 7                 | 111206      | 127451      | 144297      | 114186      | 84718       |
| 8                 | 104042      | 116574      | 115919      | 81826       | 60327       |
| 9                 | 97194       | 106344      | 92145       | 60879       | 45643       |
| 10                | 90659       | 96735       | 73082       | 47221       | 36060       |
| 11                | 84428       | 87722       | 58442       | 37942       | 29378       |
| 12                | 78493       | 79281       | 47488       | 31336       | 12768       |
| 13                | 72860       | 71432       | 39440       | 26433       |             |
| 14                | 67484       | 64102       | 33238       | 22667       |             |
| 15                | 62377       | 57336       | 28480       | 19726       |             |
| 16                | 57533       | 51146       | 24750       |             |             |
| 17                | 52950       | 45546       | 21766       |             |             |
| 18                | 48630       | 40540       | 19333       |             |             |
| 19                | 44575       | 36118       | 17317       |             |             |
| 20                | 40792       | 32252       | 15622       |             |             |
| 21                | 37286       | 28897       | 14179       |             |             |
| 22                | 34059       | 26000       | 12937       |             |             |
| 23                | 31111       | 23503       |             |             |             |
| 24                | 28438       | 21348       |             |             |             |
| 25                | 26028       | 19484       |             |             |             |
| 26                | 23867       | 17865       |             |             |             |
| 27                | 21937       | 16452       |             |             |             |
| 28                | 20215       | 15213       |             |             |             |
| 29                | 18681       | 14119       |             |             |             |
| 30                | 17314       | 13150       |             |             |             |
| 31                | 16094       | 12286       |             |             |             |
| 32                | 15003       | 11512       |             |             |             |
| 33                | 14025       | 10815       |             |             |             |
| 34                | 13146       | 10186       |             |             |             |
| 35                | 12352       | 9614        |             |             |             |
| 36                | 11634       | 9093        |             |             |             |
| 37                | 10982       | 8617        |             |             |             |
| 38                | 10389       | 8180        |             |             |             |
| 39                | 9846        | 7778        |             |             |             |
| 40                | 9349        | 7406        |             |             |             |
| 41                | 8892        | 7062        |             |             |             |
| 42                | 8471        | 6743        |             |             |             |
| 43                | 8082        | 6446        |             |             |             |
| 44                | 7721        | 6169        |             |             |             |
| 45                | 7386        |             |             |             |             |
| 46                | 7074        |             |             |             |             |
| 47                | 6783        |             |             |             |             |
| 48                | 6511        |             |             |             |             |
| 49                | 6256        |             |             |             |             |
| 50                | 6017        |             |             |             |             |
| 51                | 5793        |             |             |             |             |
| 52                | 5581        |             |             |             |             |
| 53                | 5381        |             |             |             |             |
| 54                | 5193        |             |             |             |             |
| 55                | 5015        |             |             |             |             |
| 56                | 4846        |             |             |             |             |



## 7- Análisis económico

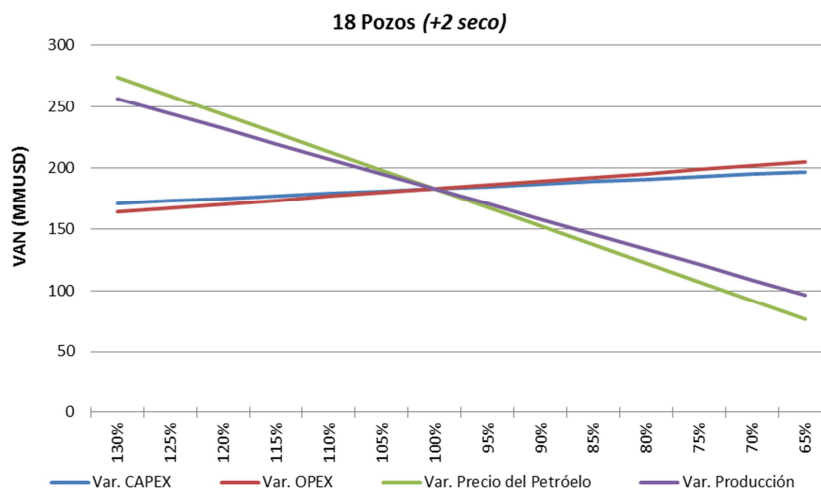
### Premisas:

| CONCEPTO                                                                                                                        | VALOR                         | UNIDAD         | COMENTARIO                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------------------------|
| <b>Premisas</b>                                                                                                                 |                               |                |                                                 |
| Calidad de Petróleo                                                                                                             | <i>Crudo calidad medanita</i> |                |                                                 |
| Tiempo de conseción                                                                                                             | 10                            | años           |                                                 |
| La evaluación del primer año se hace por trimestre, a partir del 2° año anual                                                   |                               |                |                                                 |
| Producción a Venta                                                                                                              | <i>Petróleo</i>               |                |                                                 |
| Tasa de Descuento                                                                                                               | 10%                           |                |                                                 |
|                                                                                                                                 | 15%                           |                | <b>Valor de Referencia</b>                      |
|                                                                                                                                 | 20%                           |                |                                                 |
| <b>Petróleo - Valor de venta</b>                                                                                                |                               |                |                                                 |
| Valor de Venta                                                                                                                  | 70.00                         | usd/bbl        |                                                 |
| Costo Venta ( <i>comercialización</i> )                                                                                         | -0.18                         | usd/bbl        | 0.25%                                           |
| Costo de Transporte                                                                                                             | -1.25                         | usd/bbl        |                                                 |
| <b>Valor de Venta Neto</b>                                                                                                      | <b>68.58</b>                  | <b>usd/bbl</b> |                                                 |
| <b>Inversiones (CAPEX)</b>                                                                                                      |                               |                |                                                 |
| Costos de Perf. Pozo Prod.                                                                                                      | 4.50                          | MMUSD/pozo     | <i>perf. terminado y conectado a producción</i> |
|                                                                                                                                 | 0.40                          | MMUSD/pozo     | <i>pozo productivo</i>                          |
| Costos de Perf. Pozo Seco                                                                                                       | 2.00                          | MMUSD/pozo     | <i>amortizamos todo en el año perforado</i>     |
| Camionetas                                                                                                                      | 0.00                          | MMUSD/año      | <i>7 pozos</i>                                  |
| <i>amortización lineal en 10 años</i>                                                                                           | 0.03                          | MMUSD/2 año    | <i>10 pozos</i>                                 |
|                                                                                                                                 | 0.03                          | MMUSD/año      | <i>20 y 30 pozos</i>                            |
|                                                                                                                                 | 0.06                          | MMUSD/año      | <i>40 pozos</i>                                 |
| <b>Facilities (CAPEX)</b>                                                                                                       |                               |                |                                                 |
| 7 pozos                                                                                                                         | no hay adicional              |                |                                                 |
| 10 pozos                                                                                                                        | 19.00                         | MMUSD          | <i>1° año</i>                                   |
| 20 pozos                                                                                                                        | 25.00                         | MMUSD          | <i>1° año</i>                                   |
| 30 pozos                                                                                                                        | 35.00                         | MMUSD          | <i>1° año</i>                                   |
| 40 pozos                                                                                                                        | 42.00                         | MMUSD          | <i>1° año</i>                                   |
| <b>Gastos (OPEX)</b>                                                                                                            |                               |                |                                                 |
| Opex Variable x pozo en prod                                                                                                    | 5.00                          | MUSD/pozo/año  |                                                 |
|                                                                                                                                 | 1.25                          | MUSD/pozo/Q    |                                                 |
| Opex Variable x vol de prod                                                                                                     | 11.00                         | USD/bbl        |                                                 |
| Opex Fijo                                                                                                                       |                               |                |                                                 |
| <i>+ 500 MBbl/año</i>                                                                                                           | 1.50                          | MMUSD/Año      |                                                 |
| <i>-500 &amp; + 250 MBbl/año</i>                                                                                                | 0.95                          | MMUSD/Año      |                                                 |
| <i>- 250 &amp; +100 MBbl/año</i>                                                                                                | 0.70                          | MMUSD/Año      |                                                 |
| <i>-100 MBbl/año</i>                                                                                                            | 0.30                          | MMUSD/Año      |                                                 |
| <b>Impuestos</b>                                                                                                                |                               |                |                                                 |
| Regalías                                                                                                                        | 12%                           | %              | <i>sobre el ingreso por ventas</i>              |
| IIBB                                                                                                                            | 2%                            |                |                                                 |
| Deb y Cred Banc                                                                                                                 | 0.6%                          |                |                                                 |
| IIGG                                                                                                                            | 35%                           |                |                                                 |
| <i>1° año no pago imp ganancias</i>                                                                                             |                               |                |                                                 |
| <i>2° total 1° más anticipo del 2° de 70%, luego el 30% del 2° + el 70% del 3°, el último pago el 30% del previo y su total</i> |                               |                |                                                 |

**Resumen Escenarios de desarrollo a fin de concesión (10 años)**

| INDICADOR                     | UdM   | ESCENARIOS        |                   |                    |                    |                    |
|-------------------------------|-------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                               |       | 7 Pozos (+1 seco) | 9 Pozos (+1 seco) | 18 Pozos (+2 seco) | 27 Pozos (+3 seco) | 36 Pozos (+4 seco) |
| Máx. Exposición               | MMUSD | N/A               | N/A               | -2.42              | -29.30             | -42.89             |
| Per. de Repago                | meses | 0                 | 0                 | 12                 | 17                 | 19                 |
| VAN (15%)                     | MMUSD | 134.32            | 149.94            | 182.79             | 187.04             | 179.22             |
| IVAN (15%)                    | MMUSD | N/A               | N/A               | 85.58              | 7.06               | 4.55               |
| Reservas                      | MMbbl | 7.72              | 9.08              | 12.52              | 13.75              | 14.36              |
| Factor de Recup. (93.5 MMBbl) | %     | 8.26%             | 9.71%             | 13.39%             | 14.70%             | 15.35%             |
| Tiempo Proyecto               | años  | 10                | 10                | 10                 | 10                 | 10                 |

Analizando los distintos escenarios planteados, entendemos como el caso óptimo el de 20 pozos, el cual a pesar de tener un valor actual un 2% menor al caso de 30 pozos, se obtiene con un nivel de inversión aproximado 12 veces menor. Esta conclusión se ratifica al observar que el caso óptimo logra el mayor IVAN.



Como se puede ver en el gráfico de sensibilidad nuestro proyecto es altamente sensible a variaciones del precio de petróleo y de producción. Una variación del 10% en el precio equivale a +/- 30MMUsd, y para la producción equivale a +/-25MMUsd. Dados los bajos niveles de inversión, la variación de los CAPEX tiene bajo impacto en el VAN del proyecto.

En un contexto como el actual, donde el precio del crudo local (valor utilizado para el análisis económico) está por encima de los valores de referencia internacionales a causa de regulaciones internas que dependen de las políticas nacionales, este análisis de sensibilidad nos indica que el proyecto tiene un nivel de riesgo relacionado al precio que debe ser considerado.

### Resumen Escenarios de desarrollo a Vida Útil del Yacimiento

| INDICADOR                     | UdM   | ESCENARIOS        |                   |                    |                    |                    |
|-------------------------------|-------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                               |       | 7 Pozos (+1 seco) | 9 Pozos (+1 seco) | 18 Pozos (+2 seco) | 27 Pozos (+3 seco) | 36 Pozos (+4 seco) |
| Máx. Exposición               | MMUSD | N/A               | N/A               | -2.42              | -29.30             | -42.89             |
| Per. de Repago                | meses | 0                 | 0                 | 12                 | 17                 | 19                 |
| VAN (15%)                     | MMUSD | 152.76            | 154.73            | 189.90             | 190.32             | 180.31             |
| IVAN (15%)                    | MMUSD | N/A               | N/A               | 88.91              | 7.18               | 4.57               |
| Reservas                      | MMbbl | 14.62             | 14.63             | 14.61              | 14.62              | 14.62              |
| Factor de Recup. (93.5 MMBbl) | %     | 15.63%            | 15.65%            | 15.63%             | 15.63%             | 15.64%             |
| Tiempo Proyecto               | años  | 56                | 44                | 22                 | 15                 | 12                 |

Para el caso de poder obtener una extensión de la concesión que posibilite alcanzar el máx. factor de recuperación por energía primaria de cada uno de los escenarios, entendemos que el caso de 20 pozos sigue siendo el óptimo por lograr el valor de IVAN más alto (igual conclusión que para la concesión de 10 años).

En nuestro caso óptimo, una extensión de la concesión de 12 años, que nos permitiría alcanzar el máx. factor de recuperación por energía primaria, significa un plus aprox. de 7 MMUSD de valor actual (+4% de VAN). En este ejercicio no se considera la implementación de recuperación secundaria, la cual podría incrementar el VAN haciendo más interesante la extensión de la concesión.