

# Apéndice A

## Modelos de yacimientos

Como ya se mencionó en el capítulo 8, *Metodología*, se corrieron 15 casos de yacimientos en ECLIPSE, con diferentes proporciones de los mecanismos de empuje: expansión del petróleo más su gas disuelto, expansión del gas libre, e influjo de agua. Todos los modelos de yacimiento poseen las mismas características, lo único que varía es la dimensión de la capa de gas (si existe) y la contribución del acuífero (igualmente en el caso de que exista). Por tanto a continuación se muestran las propiedades que permanecen constantes y al final del capítulo aquellas propiedades que varían de caso a caso.

### A.1. Dimensiones del yacimiento

#### A.1.1. Número y dimensiones de las celdas utilizados

- En la dirección **X**: 15.
- En la dirección **Y**: 15.
- En la dirección **Z**: Dependerá del caso de yacimiento.
- Longitud en la dirección **X**: 409.7 ft [124.877 m].
- Longitud en la dirección **Y**: 409.7 ft [124.877 m].
- Longitud en la dirección **Z**: 10 ft [3.048 m].

#### A.1.2. Dimensiones de la capa de petróleo

La capa de petróleo consta de 15x15x20 celdas, es decir, de 15 celdas en dirección X, 15 celdas de dirección Y, y 20 celdas en dirección Z.

### **A.1.3. Dimensiones de la capa de gas**

La capa de gas variará de acuerdo al caso de yacimiento simulado. Se explicará en la sección correspondiente a *Descripción de la capa de gas y acuífero*.

## **A.2. Propiedades físicas de la roca y de los fluidos**

### **A.2.1. Porosidad**

Es la misma para todas las celdas: 0.15 [fracción].

### **A.2.2. Permeabilidad**

- En la dirección **X**: 200 md.
- En la dirección **Y**: 200 md.
- En la dirección **Z**: 2 md.

### **A.2.3. Varios**

- Espesor de la capa de petróleo: 200 ft [60.96 m].
- Profundidad del contacto agua-petróleo: 7950 ft [2423.16 m].
- Profundidad del contacto gas-petróleo: 7750 ft [2362.2 m].
- Profundidad del datum: 7750 ft [2362.2 m] (corresponde al contacto gas-petróleo).
- Tope del yacimiento: varia de acuerdo al caso evaluado.

#### A.2.4. Permeabilidad relativa y presión capilar

| Sw   | Krw    | PCOW | Sw   | Krw    | PCOW |
|------|--------|------|------|--------|------|
| 0.12 | 0      | 0    | 0.6  | 0.0672 | 0    |
| 0.18 | 0.0001 | 0    | 0.7  | 0.1344 | 0    |
| 0.2  | 0.0005 | 0    | 0.75 | 0.2016 | 0    |
| 0.25 | 0.001  | 0    | 0.8  | 0.2688 | 0    |
| 0.3  | 0.0021 | 0    | 0.85 | 0.336  | 0    |
| 0.4  | 0.0042 | 0    | 0.88 | 0.3696 | 0    |
| 0.45 | 0.0084 | 0    | 0.95 | 0.4704 | 0    |
| 0.5  | 0.0168 | 0    | 0.98 | 0.5    | 0    |
| 0.55 | 0.0336 | 0    |      |        |      |

Cuadro A.1: Permeabilidad relativa al agua y presión capilar como función de la saturación de agua

| Sg   | Krg   | PCOG | Sg   | Krg  | PCOG |
|------|-------|------|------|------|------|
| 0    | 0     | 0    | 0.4  | 0.41 | 0    |
| 0.02 | 0     | 0    | 0.45 | 0.6  | 0    |
| 0.05 | 0.005 | 0    | 0.5  | 0.72 | 0    |
| 0.12 | 0.025 | 0    | 0.6  | 0.87 | 0    |
| 0.2  | 0.075 | 0    | 0.7  | 0.94 | 0    |
| 0.25 | 0.125 | 0    | 0.85 | 0.98 | 0    |
| 0.3  | 0.19  | 0    | 0.88 | 1    | 0    |

Cuadro A.2: Permeabilidad relativa al gas y presión capilar como función de la saturación de gas

| So   | Krow   | Krog   | So    | Krow  | Krog  |
|------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 0    | 0      | 0      | 0.63  | 0.2   | 0.2   |
| 0.18 | 0      | 0      | 0.68  | 0.35  | 0.35  |
| 0.28 | 0.0001 | 0.0001 | 0.76  | 0.7   | 0.7   |
| 0.38 | 0.001  | 0.001  | 0.83  | 0.98  | 0.98  |
| 0.43 | 0.01   | 0.01   | 0.86  | 0.997 | 0.997 |
| 0.48 | 0.021  | 0.021  | 0.879 | 1     | 1     |
| 0.58 | 0.09   | 0.09   | 0.88  | 1     | 1     |

Cuadro A.3: Permeabilidad relativa al petróleo para los casos de agua-petróleo y agua connata-gas-petróleo

### A.2.5. Propiedades PVT

Los datos PVT se pueden generar a partir de los siguientes parámetros de entrada:

**Gravedad API** 37.2

**Gravedad específica del gas** 1.2291

**Relación gas-petróleo en solución** 1476 SCF/STB

**Temperatura del yacimiento** 280°F

**Presión del separador** 114.7 psia

**Temperatura del separador** 60°F

A continuación se mencionan las correlaciones utilizadas en los casos de simulación:

**Compresibilidad del petróleo** , Vazquez-Beggs.

**Factor volumétrico de formación del petróleo** , Vazquez-Beggs.

**Factor Z del gas** , Hall-Yalborough.

$P_b - R_s$  (punto de burbujeo y relación gas petróleo en solución), Vazquez-Beggs.

**Presión crítica del gas** , Erbar.

**Temperatura crítica del gas** , Erbar.

|                        |                                       |
|------------------------|---------------------------------------|
| Presión de ref. (psia) | Compresibilidad (psia <sup>-1</sup> ) |
| 14.7                   | 3e-6                                  |

Cuadro A.4: Propiedades de la roca

|          |      |        |
|----------|------|--------|
| Petróleo | Agua | Gas    |
| 52.34    | 62.4 | 0.0633 |

Cuadro A.5: Densidades de los fluidos a condiciones estándar (lb/ft<sup>3</sup>)

|                         |                   |                                       |
|-------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Presión de ref. (psia)  | FVF de ref. (v/v) | Compresibilidad (psia <sup>-1</sup> ) |
| 4240.1                  | 1.03              | 3e-6                                  |
| Viscosidad de ref. (cp) |                   |                                       |
| 0.31                    |                   |                                       |

Cuadro A.6: Propiedades PVT del agua

| Presión (psia) | Bg (bbl/mSCF) | Visc. gas (cp) |
|----------------|---------------|----------------|
| 14.7           | 252.57        | 0.0125         |
| 233.97         | 14.993        | 0.0128         |
| 453.23         | 7.28          | 0.0133         |
| 672.49         | 4.598         | 0.014          |
| 891.76         | 3.241         | 0.015          |
| 1111           | 2.435         | 0.0165         |
| 1330.3         | 1.916         | 0.0185         |
| 1549.6         | 1.57          | 0.0211         |
| 1768.8         | 1.338         | 0.0239         |
| 1988.1         | 1.181         | 0.0268         |
| 2207.3         | 1.072         | 0.0296         |
| 2426.6         | 0.995         | 0.032          |
| 2645.9         | 0.938         | 0.0342         |
| 2865.1         | 0.895         | 0.0362         |
| 3084.4         | 0.865         | 0.038          |
| 3303.7         | 0.833         | 0.0396         |
| 3522.9         | 0.809         | 0.0411         |
| 3742.2         | 0.79          | 0.0425         |
| 3961.5         | 0.773         | 0.0438         |
| 4240.1         | 0.754         | 0.0454         |
| 4400           | 0.745         | 0.0463         |

Cuadro A.7: Propiedades PVT del gas

| Presión (psia) | Rs (mSCF/STB) | Bo (v/v) | Viscosidad (cp) |
|----------------|---------------|----------|-----------------|
| 14.7           | 0             | 1.073    | 0.885           |
| 234            | 0.095         | 1.119    | 0.712           |
| 453.2          | 0.158         | 1.148    | 0.634           |
| 672.5          | 0.216         | 1.176    | 0.576           |
| 891.8          | 0.277         | 1.205    | 0.526           |
| 1111           | 0.342         | 1.236    | 0.483           |
| 1330.3         | 0.409         | 1.268    | 0.445           |
| 1549.6         | 0.476         | 1.3      | 0.414           |
| 1768.8         | 0.543         | 1.332    | 0.387           |
| 1988.1         | 0.613         | 1.365    | 0.362           |
| 2207.3         | 0.688         | 1.4      | 0.34            |
| 2426.6         | 0.769         | 1.439    | 0.318           |
| 2645.9         | 0.843         | 1.475    | 0.301           |
| 2865.1         | 0.927         | 1.514    | 0.284           |
| 3084.4         | 1.012         | 1.555    | 0.269           |
| 3303.7         | 1.098         | 1.596    | 0.255           |
| 3522.9         | 1.185         | 1.637    | 0.243           |
| 3742.2         | 1.273         | 1.679    | 0.232           |
| 3961.5         | 1.362         | 1.721    | 0.221           |
| 4240.1         | 1.476         | 1.776    | 0.21            |
| 4400           | 1.476         | 1.769    | 0.212           |

Cuadro A.8: Propiedades PVT del petróleo

### A.3. Características y localización de los pozos

*Características:*

- radio del pozo: 0.328 ft.
- Presión de fondo fluyente mínima: 1000 psi.
- Tasa de producción de petróleo: 300 bbl/d.
- Se completan en toda la capa de petróleo.

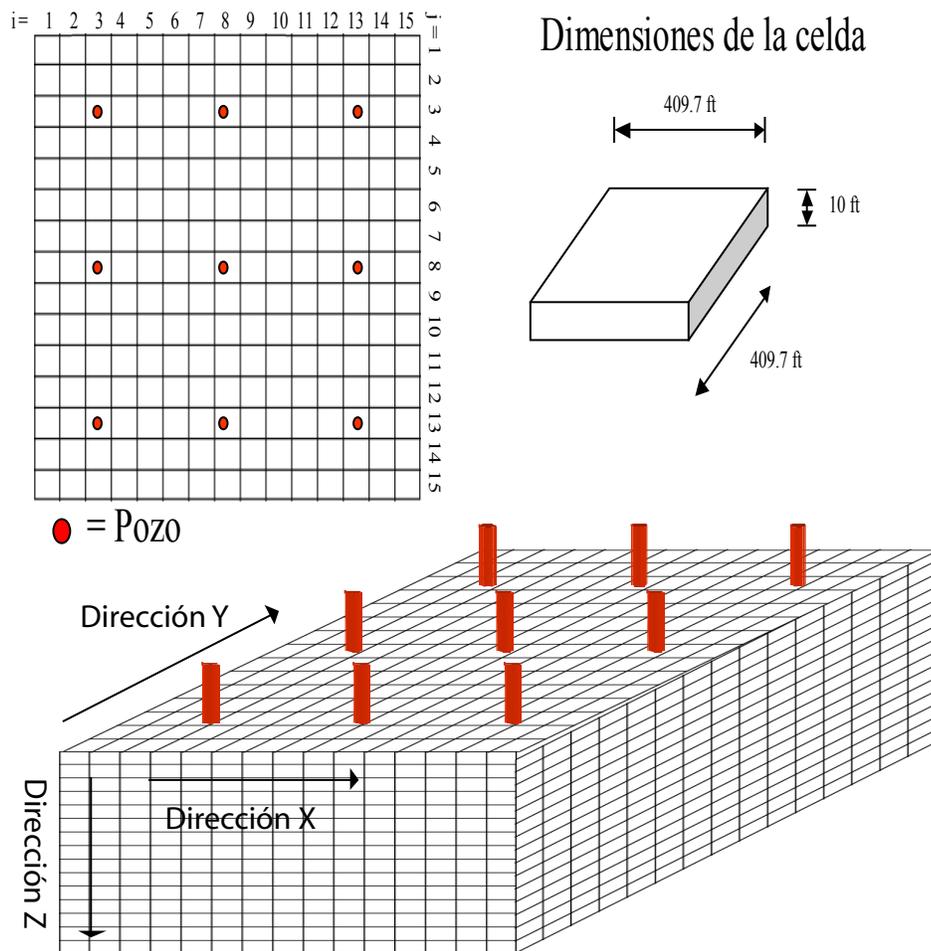


Figura A.1: Localización de los pozos

## A.4. Descripción de la capa de gas y acuífero

La capa de gas se construye adicionando celdas por encima del contacto gas-petróleo (7750 ft). Las propiedades del gas son las reportadas anteriormente en la sección A.2.5.

El acuífero tiene las siguientes características:

**Profundidad de referencia** , 7750 ft.

**Permeabilidad** , 50 md.

**Porosidad** , 0.15 [fracción].

**Compresibilidad total** ,  $7e-6 \text{ psi}^{-1}$ .

**Espesor** , 200 ft.

**Radio del acuífero/ Radio del yacimiento** [ $r_e D$  ], depende del caso evaluado.

A continuación se describe la capa de gas y radio del acuífero al del yacimiento para cada uno de los casos simulados.

**Caso 1** , *Capa de gas*: no tiene.

*Acuífero*: no tiene.

**Caso 2** , *Capa de gas*: 5 celdas en Dirección Z (50 ft [15.24 m]).

*Acuífero*: no tiene.

**Caso 3** , *Capa de gas*: 10 celdas en Dirección Z (100 ft [30.48 m]).

*Acuífero*: no tiene.

**Caso 4** , *Capa de gas*: 15 celdas en Dirección Z (150 ft [45.72 m]).

*Acuífero*: no tiene.

**Caso 5** , *Capa de gas*: 20 celdas en Dirección Z (200 ft [60.96 m]).

*Acuífero*: no tiene.

**Caso 6** , *Capa de gas*: no tiene.

*Acuífero*:  $r_e D = 2$ .

**Caso 7** , *Capa de gas*: 5 celdas en Dirección Z (50 ft [15.24 m]).

*Acuífero*:  $r_e D = 2$ .

**Caso 8** , *Capa de gas*: 10 celdas en Dirección Z (100 ft [30.48 m]).

*Acuífero*:  $r_e D = 2$ .

**Caso 9** , *Capa de gas*: 15 celdas en Dirección Z (150 ft [45.72 m]).

*Acuífero*:  $r_e D = 2$ .

**Caso 10** , *Capa de gas*: no tiene.

*Acuífero*:  $r_e D = 5$ .

**Caso 11** , *Capa de gas*: 5 celdas en Dirección Z (50 ft [15.24 m]).

*Acuífero*:  $r_e D = 5$ .

**Caso 12** , *Capa de gas*: 10 celdas en Dirección Z (100 ft [30.48 m]).

*Acuífero*:  $r_e D = 5$ .

**Caso 13** , *Capa de gas*: no tiene.

*Acuífero*:  $r_e D = 10$ .

**Caso 14** , *Capa de gas*: 5 celdas en Dirección Z (50 ft [15.24 m]).

*Acuífero*:  $r_e D = 10$ .

**Caso 15** , *Capa de gas*: no tiene.

*Acuífero*:  $r_e D = \infty$ .

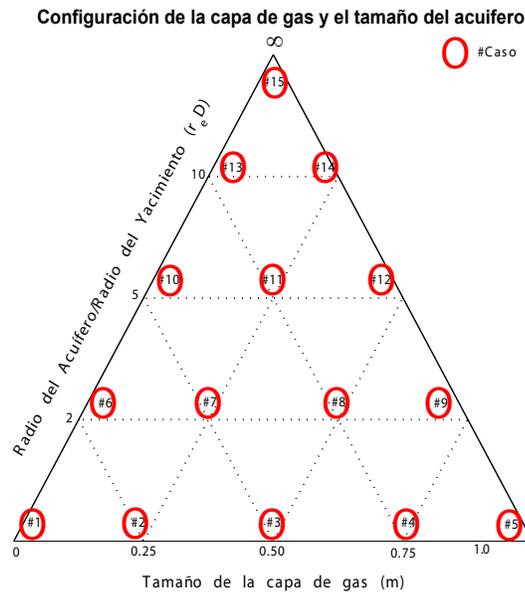


Figura A.2: Diagrama mostrando la configuración del tamaño de la capa de gas y el tamaño relativo del acuífero