

## 2 Determinantes

### Propuesta A

1. Calcula los siguientes determinantes.

a)  $\begin{vmatrix} \operatorname{sen} \alpha & \cos \alpha \\ -\cos \alpha & \operatorname{sen} \alpha \end{vmatrix}$

b)  $\begin{vmatrix} x+a & x-a \\ x-a & x+a \end{vmatrix}$

c)  $\begin{vmatrix} 3 & 0 & a-1 \\ 1 & a-1 & 1 \\ a & a-1 & 1 \end{vmatrix}$

2. Sabiendo que  $\begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{vmatrix} = 4$ , calcula el valor del determinante  $\begin{vmatrix} 2k & 4c+2f & 3f+k \\ 2h & 4b+2e & 3e+h \\ 2g & 4a+2d & 3d+g \end{vmatrix}$ .

3. Demuestra que  $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \operatorname{sen} \alpha & \operatorname{sen} \beta & \operatorname{sen} \gamma \\ \cos \alpha & \cos \beta & \cos \gamma \end{vmatrix} = \operatorname{sen}(\beta - \gamma) + \operatorname{sen}(\gamma - \alpha) + \operatorname{sen}(\alpha - \beta)$ .

4. Expresa en forma de producto de factores primos de primer grado el valor del siguiente determinante:

$$\begin{vmatrix} 1 & d+e & de \\ 1 & e+c & ec \\ 1 & c+d & cd \end{vmatrix}$$

5. Obtén en función de  $a$ ,  $b$  y  $c$  el valor del determinante:

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1+a & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1+b & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1+c & 1 \end{vmatrix}$$

6. Utiliza determinantes para calcular, según los valores de  $k$ , el rango de la siguiente matriz:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 3 & 0 \\ 1 & k & 5 & 2 \\ 3 & k-4 & k+9 & k \end{pmatrix}$$

7. Dada la matriz  $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & m & 3 \\ 4 & 1 & -m \end{pmatrix}$ , determina los valores de  $m$  para los cuales existe  $A^{-1}$ .

Calcula  $A^{-1}$  para  $m = 0$ .

8. Resuelve la ecuación  $\begin{vmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 \\ 3 & 2x+1 & x^2+2x & 3x^2 \\ 3 & x+2 & 2x+1 & 3x \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = 0$ .

## Propuesta B

1. Calcula los siguientes determinantes.

a)  $\begin{vmatrix} \operatorname{sen} \alpha & -\operatorname{cos} \alpha \\ \operatorname{sen} \alpha & \operatorname{cos} \alpha \end{vmatrix}$

b)  $\begin{vmatrix} x+a & x-a \\ x-a & x-a \end{vmatrix}$

c)  $\begin{vmatrix} a & a & a \\ a & b & b \\ a & b & c \end{vmatrix}$

2. Calcula el valor del determinante  $\begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{vmatrix}$ , sabiendo que  $\begin{vmatrix} -d & -e & -f \\ -a & -b & -c \\ -g & -h & -k \end{vmatrix} = 100$ .

3. Calcula el valor del siguiente determinante:  $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ e^{-\pi} & e^{\pi} + e^{-\pi} & e^{\pi} + e^{-\pi} \\ e^{-\pi} & e^{\pi} + e^{-\pi} & e^{\pi} + 2e^{-\pi} \end{vmatrix}$ .

4. a) Calcula los valores de  $k$  que anulan el siguiente determinante:  $\begin{vmatrix} 3k+1 & k & k \\ 6k+2 & 2k+1 & 2k \\ 3k+1 & k & k+1 \end{vmatrix}$ .

b) Halla los valores de  $k$  para los que la matriz  $A(k) = \begin{pmatrix} 3k+1 & k & k \\ 6k+2 & 2k+1 & 2k \\ 3k+1 & k & k+1 \end{pmatrix}$  tiene inversa.

Calcula, si es posible, la inversa de  $A(0)$ .

5. Utilizando las propiedades de los determinantes, calcula el valor de  $\begin{vmatrix} x & x+1 & x+2 \\ x & x+3 & x+4 \\ x & x+5 & x+6 \end{vmatrix}$ .

6. Discute según el valor del parámetro  $m$  el rango de la matriz  $A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 3 & -1 & 2 & m \\ m+2 & -2 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$ .

7. a) Encuentra los valores de  $k$  para los que la matriz  $A = \begin{pmatrix} k-1 & 1 & -1 \\ 0 & k-2 & 1 \\ k & 0 & 2 \end{pmatrix}$  es invertible.

b) Para  $k = 2$ , halla la inversa de  $A$  y comprueba el resultado.

8. Resuelve la ecuación  $\begin{vmatrix} x & 1 & 8 & 1 \\ 1 & x & 1 & 8 \\ 8 & 1 & x & 1 \\ 1 & 8 & 1 & x \end{vmatrix} = 0$ .

Soluciones propuesta A

1. a)  $\begin{vmatrix} \sin \alpha & \cos \alpha \\ -\cos \alpha & \sin \alpha \end{vmatrix} = \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

b)  $\begin{vmatrix} x+a & x-a \\ x-a & x+a \end{vmatrix} = (x+a)^2 - (x-a)^2 = 4ax$

c)  $\begin{vmatrix} 3 & 0 & a-1 \\ 1 & a-1 & 1 \\ a & a-1 & 1 \end{vmatrix} = (a-1)^2(1-a) = (1-a)^3$

2.  $\begin{vmatrix} 2k & 4c+2f & 3f+k \\ 2h & 4b+2e & 3e+h \\ 2g & 4a+2d & 3d+g \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2k & 4c & 3f \\ 2h & 4b & 3e \\ 2g & 4a & 3d \end{vmatrix} +$

$\begin{vmatrix} 2k & 4c & k \\ 2h & 4b & h \\ 2g & 4a & g \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 2k & 2f & 3f \\ 2h & 2e & 3e \\ 2g & 2d & 3d \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 2k & 2f & k \\ 2h & 2e & h \\ 2g & 2d & g \end{vmatrix} =$

$= 2 \cdot 4 \cdot 3 \begin{vmatrix} k & c & f \\ h & b & e \\ g & a & d \end{vmatrix} + 0 + 0 + 0 = 24 \begin{vmatrix} k & h & g \\ c & b & a \\ f & e & d \end{vmatrix} =$

$= -24 \begin{vmatrix} g & h & k \\ d & e & f \\ a & b & c \end{vmatrix} = 24 \begin{vmatrix} a & b & c \\ g & h & k \\ d & e & f \end{vmatrix} = -24 \begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{vmatrix} = -96$

3.  $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \sin \alpha & \sin \beta & \sin \gamma \\ \cos \alpha & \cos \beta & \cos \gamma \end{vmatrix} =$   
 $= \begin{vmatrix} \sin \beta & \sin \gamma \\ \cos \beta & \cos \gamma \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} \sin \alpha & \sin \gamma \\ \cos \alpha & \cos \gamma \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \sin \alpha & \sin \beta \\ \cos \alpha & \cos \beta \end{vmatrix} =$   
 $= (\sin \beta \cos \gamma - \cos \beta \sin \gamma) -$   
 $-(\sin \alpha \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma) +$   
 $+(\sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta) =$   
 $= \sin(\beta - \gamma) - \sin(\alpha - \gamma) + \sin(\alpha - \beta) =$   
 $= \sin(\beta - \gamma) + \sin(\gamma - \alpha) + \sin(\alpha - \beta)$

4.  $\begin{vmatrix} 1 & d+e & de \\ 1 & e+c & ec \\ 1 & c+d & cd \end{vmatrix} \xrightarrow[\begin{smallmatrix} F_2-F_1 \\ F_3-F_1 \end{smallmatrix}]{\begin{smallmatrix} F_3-F_1 \\ F_2-F_1 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & d+e & de \\ 0 & c-d & e(c-d) \\ 0 & c-e & d(c-e) \end{vmatrix} =$

$\begin{vmatrix} c-d & e(c-d) \\ c-e & d(c-e) \end{vmatrix} = (c-d)(c-e) \begin{vmatrix} 1 & e \\ 1 & d \end{vmatrix} =$

$= (c-d)(c-e)(d-e)$

5.  $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1+a & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1+b & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1+c & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[\begin{smallmatrix} F_4-F_1 \\ F_3-F_1 \end{smallmatrix}]{\begin{smallmatrix} F_2-F_1 \\ F_3-F_1 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & 0 \end{vmatrix} =$

$= -1 \cdot \begin{vmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 \\ 0 & 0 & c \end{vmatrix} = -abc$

6.  $A = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 3 & 0 \\ 1 & k & 5 & 2 \\ 3 & k-4 & k+9 & k \end{pmatrix}$

$\begin{vmatrix} 3 & 0 \\ 5 & 2 \end{vmatrix} = 6 \neq 0 \Rightarrow \text{rg}(A) \geq 2$

$\begin{vmatrix} 1 & 3 & 0 \\ 1 & 5 & 2 \\ 3 & k+9 & k \end{vmatrix} = 0,$

$\begin{vmatrix} -2 & 3 & 0 \\ k & 5 & 2 \\ k-4 & k+9 & k \end{vmatrix} = -3k^2 + 12 \neq 0 \Rightarrow k \neq 2, k \neq -2$

Si  $k \notin \{-2, 2\} \Rightarrow \text{rg}(A) = 3$

Si  $k \in \{-2, 2\} \Rightarrow \text{rg}(A) = 2$

7.  $\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & m & 3 \\ 4 & 1 & -m \end{vmatrix} = -m^2 + 4m - 3 = 0 \Rightarrow \begin{cases} m=1 \\ m=3 \end{cases}$

Si  $m \notin \{1, 3\} \Rightarrow |A| \neq 0 \Rightarrow A$  tiene inversa.

Si  $m=0 \Rightarrow |A| = -3$

$A^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & 0 \\ -4 & -\frac{4}{3} & 1 \\ 0 & \frac{1}{3} & 0 \end{pmatrix}$

8.  $\begin{vmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 \\ 3 & 2x+1 & x^2+2x & 3x^2 \\ 3 & x+2 & 2x+1 & 3x \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \rightarrow$

$\xrightarrow[\begin{smallmatrix} C_2-C_1 \\ C_3-C_1 \end{smallmatrix}]{\begin{smallmatrix} C_4-C_3 \\ C_3-C_2 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & x-1 & x^2-x & x^3-x^2 \\ 3 & 2x-2 & x^2-1 & 2x^2-2x \\ 3 & x-1 & x-1 & x-1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} =$

$= -(x-1) \begin{vmatrix} x-1 & x(x-1) & x^2(x-1) \\ 2(x-1) & (x+1)(x-1) & 2x(x-1) \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} =$

$= -(x-1)^3 \begin{vmatrix} 1 & x & x^2 \\ 2 & x+1 & 2x \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \rightarrow$

$\xrightarrow[\begin{smallmatrix} C_2-C_1 \\ C_3-C_1 \end{smallmatrix}]{C_3-C_2} -(x-1)^3 \begin{vmatrix} 1 & x-1 & x^2-x \\ 2 & x-1 & x-1 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix} =$

$= -(x-1)^5 \begin{vmatrix} 1 & x \\ 1 & 1 \end{vmatrix} = (x-1)^6 = 0 \Rightarrow x = 1$

## Soluciones propuesta B

1. a)  $\begin{vmatrix} \sin \alpha & -\cos \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{vmatrix} = 2 \sin \alpha \cos \alpha = \sin 2\alpha$

b)  $\begin{vmatrix} x+a & x-a \\ x-a & x-a \end{vmatrix} = -2a^2 + 2ax = 2a(x-a)$

c)  $\begin{vmatrix} a & a & a \\ a & b & b \\ a & b & c \end{vmatrix} = a^2b - a^2c - ab^2 + abc$

2.  $\begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{vmatrix} = -\begin{vmatrix} -a & -b & -c \\ -d & -e & -f \\ -g & -h & -k \end{vmatrix} =$

$$= \begin{vmatrix} -d & -e & -f \\ -a & -b & -c \\ -g & -h & -k \end{vmatrix} = 100$$

3.  $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ e^{-\pi} & e^{\pi} + e^{-\pi} & e^{\pi} + e^{-\pi} \\ e^{-\pi} & e^{\pi} + e^{-\pi} & e^{\pi} + 2e^{-\pi} \end{vmatrix} =$

$$\stackrel{F_3 - F_2}{=} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ e^{-\pi} & e^{\pi} + e^{-\pi} & e^{\pi} + e^{-\pi} \\ 0 & 0 & e^{-\pi} \end{vmatrix} =$$

$$= e^{-\pi} \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ e^{-\pi} & e^{\pi} + e^{-\pi} \end{vmatrix} =$$

$$= e^{-\pi} (e^{\pi} + e^{-\pi} - e^{-\pi}) =$$

$$= e^{-\pi} e^{\pi} = e^0 = 1$$

4. a)  $\begin{vmatrix} 3k+1 & k & k \\ 6k+2 & 2k+1 & 2k \\ 3k+1 & k & k+1 \end{vmatrix} = (3k+1) \begin{vmatrix} 1 & k & k \\ 2 & 2k+1 & 2k \\ 1 & k & k+1 \end{vmatrix}$

$$\xrightarrow{\substack{F_2 - 2F_1 \\ F_3 - F_1}} (3k+1) \begin{vmatrix} 1 & k & k \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 3k+1$$

$$|A| = 0 \Rightarrow k = -\frac{1}{3}$$

b) Existe  $(A(k))^{-1}$  si  $k \neq -\frac{1}{3}$ .

$$A(0) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow (A(0))^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -2 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

5.  $\begin{vmatrix} x & x+1 & x+2 \\ x & x+3 & x+4 \\ x & x+5 & x+6 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x & 1 & 2 \\ x & 3 & 4 \\ x & 5 & 6 \end{vmatrix} =$

$$= \begin{vmatrix} x & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 2 \\ 0 & 4 & 4 \end{vmatrix} = x \begin{vmatrix} 2 & 2 \\ 4 & 4 \end{vmatrix} = 0$$

6.  $|A| = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 3 & -1 & 2 & m \\ m+2 & -2 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} =$

$$\stackrel{\substack{C_1+C_3 \\ C_2+C_3 \\ C_4+C_3}}{=} \begin{vmatrix} 3 & 3 & 2 & 3 \\ 5 & 1 & 2 & m+2 \\ m+2 & -2 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} =$$

$$= 3 \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 5 & 1 & m+2 \\ m+2 & -2 & -1 \end{vmatrix} \stackrel{\substack{C_1-C_2 \\ C_3-C_2}}{=} 3 \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & m+1 \\ m+4 & -2 & 1 \end{vmatrix} =$$

$$= -3 \begin{vmatrix} 4 & m+1 \\ m+4 & 1 \end{vmatrix} = 3m(m+5)$$

Si  $m \notin \{0, -5\} \Rightarrow |A| \neq 0 \Rightarrow \text{rg}(A) = 4$

Si  $m = 0$ ,  $A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 3 & -1 & 2 & 0 \\ 2 & -2 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$

$$\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 2 & 0 \end{vmatrix} = -2 \neq 0, \quad \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ -1 & 2 & 0 \\ 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = 3 \neq 0 \Rightarrow \text{rg}(A) = 3$$

Si  $m = -5$ ,  $A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 3 & -1 & 2 & -5 \\ -3 & -2 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$

$$\begin{vmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = -1 \neq 0, \quad \begin{vmatrix} -1 & 2 & -5 \\ -2 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = -7 \neq 0 \Rightarrow \text{rg}(A) = 3$$

7. a)  $|A| = \begin{vmatrix} k-1 & 1 & -1 \\ 0 & k-2 & 1 \\ k & 0 & 2 \end{vmatrix} = (k-1)(3k-4)$

$$|A| = 0 \Rightarrow \begin{cases} k=1 \\ k=\frac{4}{3} \end{cases} \text{ Existe } A^{-1} \text{ si } k \notin \left\{1, \frac{4}{3}\right\}$$

b)  $k=2 \Rightarrow A^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & \frac{1}{2} \\ 1 & 2 & -\frac{1}{2} \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$

8.  $\begin{vmatrix} x & 1 & 8 & 1 \\ 1 & x & 1 & 8 \\ 8 & 1 & x & 1 \\ 1 & 8 & 1 & x \end{vmatrix} \stackrel{C_1+C_2+C_3+C_4}{=} (x+10) \begin{vmatrix} 1 & 1 & 8 & 1 \\ 1 & x & 1 & 8 \\ 1 & 1 & x & 1 \\ 1 & 8 & 1 & x \end{vmatrix}$

$$= (x+10)(x-8)^2(x+6) = 0$$

Soluciones:  $x = -10$ ,  $x = -6$ ,  $x = 8$  (doble)