

## EXAMEN FINAL DE MATEMÁTICAS

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Puntuación obtenida									

## DATOS DEL ALUMNO (RELLÉNALOS TODOS)

Nombre y apellidos:	Firma:
¿Parcial o final?	
D.N.I.:	
Titulación y grupo:	
Coordenadas en las que se encuentra sentado: F _____ C _____	
e-mail:	

## OBSERVACIONES

1. Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo y D.N.I. o pasaporte.
5. Tienes que rellenar todos los datos solicitados en la tabla de arriba.
6. Duración: 3 horas.
7. Si realizas el examen final tienes que responder a las preguntas 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Si realizas sólo el segundo parcial tienes que responder a las preguntas 4, 5, 6, 7 y 8.

Sean  $A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ , la base  $\beta = \{[1, 1, 1], [1, 0, 1], [0, 0, 1]\}$ ,  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  la aplicación lineal tal que  $M_{\beta\beta}(f) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  y  $C = \begin{pmatrix} -2 & 3 & 3 \\ -3 & 4 & 3 \\ -3 & 3 & 4 \end{pmatrix}$

Se pide contestar a las siguientes preguntas (rellena los huecos y entrega los cálculos que te conducen a tales resultados):

$$1. M_{\beta\beta_c} = \left( \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \end{array} \right) \quad (1 \text{ punto}). \quad M_{\beta_c\beta_c}(f) = \left( \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \end{array} \right) \quad (1,5 \text{ puntos}).$$

2. Encontrar matrices  $D$  y  $P$  tales que  $D = P^{-1}CP$

$$D = \left( \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \end{array} \right) \quad \underline{(0,75 \text{ puntos})}.$$

$$P = \left( \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \end{array} \right) \quad \underline{(1 \text{ punto})}.$$

3. Ahora  $v_1, v_2$  y  $v_3$  son respectivamente los vectores columna de  $\mathbb{R}^3$  que has puesto en la primera, segunda y tercera columna de  $P$ . Se pide que calcules:

$$(Cv_1)^t = \left( \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \end{array} \right) \quad \underline{(0,25 \text{ puntos})}. \quad (Cv_2)^t = \left( \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \end{array} \right) \quad \underline{(0,25 \text{ puntos})}.$$

$$(Cv_3)^t = \left( \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \square \\ \hline \end{array} \right) \quad \underline{(0,25 \text{ puntos})}.$$

4. De una función  $f : \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}$  sabemos que  $\nabla f(0, 1, 2, 3) = (0, 0, 0, 0)$  y que  $Hf(0, 1, 2, 3) = \begin{pmatrix} -6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -3 \end{pmatrix}$ , se pide que estudies y justifiques si la función  $f$  tiene algún extremo relativo y que digas de qué tipo es (1 punto).

5. Dada la función  $f(x, y) = \sin(3y + 2x) + e^{6y} + e^{9x^2} + x^2$ , demuestra que verifica la siguiente igualdad:

$$\frac{d^4}{dx^2 dy^2} f(x, y) + \frac{d^2}{dx dy} f(x, y) = 30 \sin(3y + 2x) \quad \underline{(2 \text{ puntos})}.$$

6. Calcula el volumen del sólido limitado lateralmente por  $x^2 + y^2 = 1$ , superiormente por  $z = 3e^{2(y^2+x^2)}$  e inferiormente por  $z = 0$  (2 puntos).

7. Calcula los extremos relativos de  $f(x, y) = x^3 + y^3$  condicionada por  $\Omega = \{(x, y) : x^2 + y^2 = 1, x > 0\}$  (3 puntos).

8. Estudia si es continua la función  $f(x, y) = \begin{cases} \frac{2x^5 + 3y^4 x^4 \sin(\frac{1}{x^2 + y^2})}{x^2 + y^2} & \text{si } (x, y) \neq (0, 0) \\ 1 & \text{si } (x, y) = (0, 0) \end{cases}$  (2 puntos).



## PRIMER PARCIAL DE FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS. ITOP e ITM.

Preguntas	1	2	3	4	5	Total
Puntuación obtenida						

## DATOS DEL ALUMNO (RELLÉNALOS TODOS)

Nombre y apellido/s:	Firma:
D.N.I.:	
Titulación y grupo:	
Coordenadas en las que se encuentra sentado: F _____ C _____	
e-mail:	

## OBSERVACIONES

1. Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo y D.N.I. o pasaporte.
5. Tienes que rellenar todos los datos solicitados en la tabla de arriba.
6. Duración: 1,5 horas.

1. Calcula el polinomio de Taylor de la función  $f(x) = \sin(x) + \cos(x) + e^x$  de orden 6 y centrado en  $a = 0$  (1,5 puntos).

**Solución:**

El polinomio solicitado es  $p(x) = 2 + 2x + \frac{x^4}{12} + \frac{x^5}{60} + \dots$ .

2. Sean  $\beta = \{(1, 1, 2), (1, 3, 0), (1, 0, 0)\}$  y  $\beta'$  dos bases de  $\mathbb{R}^3$  y  $M_{\beta'\beta} = \begin{pmatrix} 12 & 4 & 3 \\ 8 & 3 & 2 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ . Se pide encontrar la matriz  $M_{\beta\beta'}$  (1,5 puntos).

**Solución:**

$$M_{\beta\beta'} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 \\ -2 & 3 & 0 \\ -1 & 0 & 4 \end{pmatrix}.$$

3. Estudia si es diagonalizable o no la matriz  $A = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 2 \\ -2 & 3 & 2 \\ -2 & 2 & 3 \end{pmatrix}$  y en caso de que lo sea da la matriz diagonal,  $D$ , y de paso,  $P$ , tales que  $D = P^{-1}AP$  (2 puntos).

**Solución:**

La matriz es diagonalizable siendo la matriz diagonal  $D = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$ ,  $P = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  y  $P^{-1} =$

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

## PRIMER PARCIAL DE MATEMÁTICAS. PARTE I

Preguntas	1	2	3	4	5	Total
Puntuación obtenida						

## DATOS DEL ALUMNO (RELLÉNALOS TODOS)

Nombre y apellido/s:	Firma:
D.N.I.:	
Titulación y grupo:	
Coordenadas en las que se encuentra sentado: F _____ C _____	
e-mail:	

## OBSERVACIONES

1. Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo y D.N.I. o pasaporte.
5. Tienes que rellenar todos los datos solicitados en la tabla de arriba.
6. Duración: 1,5 horas.

1. Sea  $p(x) = x^5 + 2x^4 + 3x^2 + 6$  el polinomio de Taylor de una función  $f(x)$  centrado en 0. Se pide calcular  $f(0) + f'(0) + f''(0) + f'''(0) + f^{(5)}(0)$  (1,5 puntos).

**Solución:**

$$f(0) + f'(0) + f''(0) + f'''(0) + f^{(4)} + f^{(5)}(0) = 132.$$

2. Sean  $\beta = \{(1, 1, 2), (1, 3, 0), (1, 0, 0)\}$  y  $\beta'$  dos bases de  $\mathbb{R}^3$  y  $M_{\beta'\beta} = \begin{pmatrix} 12 & 4 & 3 \\ 8 & 3 & 2 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ . Se pide encontrar la base  $\beta'$  (1,5 puntos).

$$\beta' = \left\{ \left( \square, \square, \square \right), \left( \square, \square, \square \right), \left( \square, \square, \square \right) \right\}$$

**Solución:**

$$M_{\beta\beta'} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 \\ -2 & 3 & 0 \\ -1 & 0 & 4 \end{pmatrix} \text{ y } M_{\beta_c\beta'} = M_{\beta_c\beta} M_{\beta\beta'} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 1 & 3 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 \\ -2 & 3 & 0 \\ -1 & 0 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3 & 2 & 7 \\ -5 & 8 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix},$$

luego:

$$\beta' = \{[-3, -5, 1], [2, 8, -1], [7, -1, -1]\}$$

3. Estudia si es diagonalizable o no la matriz  $A = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 2 \\ -2 & 3 & 2 \\ -2 & 2 & 3 \end{pmatrix}$  y rellena los huecos en la matriz diagonal,  $D$ , y de paso,  $P$ , tales que  $D = P^{-1}AP$ :

$$P = \begin{pmatrix} 3 & \square & \square \\ 2 & 1 & 1 \\ \square & 0 & \square \end{pmatrix}, \quad D = \begin{pmatrix} \square & 0 & 0 \\ 0 & \square & 0 \\ 0 & 0 & \square \end{pmatrix} \quad \underline{(2puntos)}.$$

**Solución:**

La matriz es diagonalizable siendo la matriz diagonal  $D = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$ ,  $P = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  y  $P^{-1} =$

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

## PRIMER PARCIAL DE MATEMÁTICAS. PARTE II

Preguntas	1	2	3	4	5	Total
Puntuación obtenida						

## DATOS DEL ALUMNO (RELLÉNALOS TODOS)

Nombre y apellido/s:	Firma:
D.N.I.:	
Titulación y grupo:	
Coordenadas en las que se encuentra sentado: F _____ C _____	
e-mail:	

## OBSERVACIONES

1. Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo y D.N.I. o pasaporte.
5. Tienes que rellenar todos los datos solicitados en la tabla de arriba.
6. Duración: 1,5 horas.

1. (2 puntos). Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  la aplicación lineal con matriz asociada respecto de las bases canónicas

$$M_{\beta_c \beta_c}(f) = \begin{pmatrix} 8 & 7 & 5 \\ 8 & 7 & 5 \\ 5 & 4 & 3 \end{pmatrix} \text{ y sea la base } \beta = \{(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 0)\}, \text{ se pide calcular:}$$

a) La matriz  $M_{\beta\beta}(f) = \left( \begin{array}{ccc} \boxed{\phantom{00}} & \boxed{\phantom{00}} & \boxed{\phantom{00}} \\ \boxed{\phantom{00}} & \boxed{\phantom{00}} & \boxed{\phantom{00}} \\ \boxed{\phantom{00}} & \boxed{\phantom{00}} & \boxed{\phantom{00}} \end{array} \right)$  **Solución:**

$$M_{\beta\beta}(f) = \begin{pmatrix} 12 & 9 & 5 \\ 8 & 6 & 3 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

- b) Las ecuaciones de  $\text{Im } f$  respecto de la base canónica  $\text{Im } f = \{(x, y, z) : \phantom{000}\}$

**Solución:**

$$\text{Im } f = \{(x, y, z) : 3y - 3x = 0\}$$

- c) Bases  $\beta'$  y  $\beta''$  de  $\mathbb{R}^3$  tales que  $M_{\beta'\beta''}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ .

2. Calcula la primitiva  $\int \frac{x+2}{x^2-2x+37} dx$  (1,5 puntos).

El resultado es  $\boxed{\phantom{00}} \arctan \left( \boxed{\phantom{000}} \right) + \boxed{\phantom{00}} \log \left( \boxed{\phantom{000}} \right)$

**Solución:**

$$\int \frac{x+2}{x^2-2x+37} dx = \frac{\log(x^2-2x+37)}{2} + \frac{\arctan\left(\frac{2x-2}{12}\right)}{2}$$

3. (1,5 puntos). Sean  $U = \langle [1, 1, 2], [1, 3, 0] \rangle$  y  $V = \langle [5, 0, 0] \rangle$  y  $\beta = \{(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 0)\}$ . Se pide:

a) Calcular las ecuaciones cartesianas de  $U$  respecto de la base  $\beta$  **Solución:**

$$U = \{(x, y, z)_\beta : 6z + 4y + 2x = 0\}$$

b) Calcular las ecuaciones cartesianas de  $V$  respecto de la base  $\beta$  **Solución:**

$$V = \{(x, y, z)_\beta : x = y = 0\}$$

c) Calcular las ecuaciones cartesianas de  $U \cap V$  respecto de la base  $\beta$  **Solución:**

$$V = \{(x, y, z)_\beta : x = y = z = 0\}$$

d) Calcular una base de  $U+V$ , expresando las coordenadas de sus vectores en la base  $\beta$  **Solución:**  
Como  $\dim(U+V) = 3$  entonces podemos tomar

$$\beta_{U+V} = \{(1, 0, 0)_\beta, (0, 1, 0)_\beta, (0, 0, 1)_\beta\}$$



## SEGUNDO PARCIAL DE MATEMÁTICAS. PARTE II DEL EXAMEN

Preguntas	1	2	3	4	5	Total
Puntuación obtenida						

## DATOS DEL ALUMNO (RELLÉNALOS TODOS)

Nombre y apellido/s:	Firma:
D.N.I.:	
Titulación y grupo:	
Coordenadas en las que se encuentra sentado: F _____ C _____	
e-mail:	

## OBSERVACIONES

1. Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo y D.N.I. o pasaporte.
5. Tienes que rellenar todos los datos solicitados en la tabla de arriba.
6. Duración: 1,5 horas.

1. Sean  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y  $g : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^4$  dos funciones definidas por  $f(x, y) = [y + x^2, \sin(y^3 + x), y + x]$  y  $g(x, y, z) = [e^{y+x}, \cos(y^2 + x^2), xy^4z, z]$ , encuentra la matriz jacobiana

$$Jg \circ f(0, 0) = \left( \begin{array}{|c|c|} \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline \end{array} \right) \quad (1, 5 \text{ puntos}).$$

**Solución:**

Usando la fórmula  $Jg \circ f(0, 0) = Jg(f(0, 0)) \cdot Jf(0, 0) = Jg(0, 0, 0) \cdot Jf(0, 0)$  tenemos que:

$$Jg \circ f(0, 0) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

2. Calcula qué ternas de números reales positivos sumando entre 6 y 9 se pueden elegir para que tengan producto máximo y mínimo (2 puntos).

**Solución:**

Se trata de maximiar la función  $f(x, y, z) = xyz$  en el conjunto  $\Omega = \{(x, y, z) : 6 \leq x + y + z \leq 9\}$ . Como  $\Omega$  es un conjunto compacto y  $f$  es continua tenemos que  $f$  alcanzará un máximo y un mínimo absoluto en  $\Omega$ . Vamos a calcularlos.

Buscamos los extremos relativos de la función en el interior, para ello igualamos el gradiente a 0:

$$\nabla f(x, y, z) = (yz, xz, xy) = (0, 0, 0)$$

Esta ecuación no tiene puntos en el interior de  $\Omega$  porque sus soluciones son los puntos que están en las aristas del tetraedro que coinciden con los ejes de coordenadas.

Seguidamente buscamos los candidatos a extremos en la frontera de  $\Omega$ . Empezamos buscando en el el plano  $x + y + z = 9$ . La función lagrangiana es  $L(x, y, z) = f(x, y, z) + \lambda(x + y + z - 9)$  y los candidatos a extremos condicionados satisfacen:

$$\nabla L(x, y, z) = (yz + \lambda, xz + \lambda, xy + \lambda) = (0, 0, 0)$$

Esta ecuación junto a la ligadura  $x + y + z = 9$ , tiene como solución a los puntos:

$$P_1 = (9, 0, 0), P_2 = (0, 9, 0), P_3 = (0, 0, 9), P_4(3, 3, 3)$$

Seguimos buscando en el el plano  $x + y + z = 6$ . La función lagrangiana es  $L(x, y, z) = f(x, y, z) + \lambda(x + y + z - 6)$  y los candidatos a extremos condicionados satisfacen:

$$\nabla L(x, y, z) = (yz + \lambda, xz + \lambda, xy + \lambda) = (0, 0, 0)$$

Esta ecuación junto a la ligadura  $x + y + z = 6$ , tiene como solución a los puntos:

$$P_5 = (6, 0, 0), P_6 = (0, 6, 0), P_7 = (0, 0, 6), P_8(2, 2, 2)$$

El resto de puntos de la frontera de  $\Omega$  forman parte de los planos coordenados y todos los puntos son máximos y mínimos relativos condicionados porque la función  $f$  vale 0. A estos puntos los denotaremos genéricamente por  $Q$

Ya tenemos todos los puntos candidatos a extremos. Calculamos:  $f(P_1) = f(P_2) = f(P_3) = f(P_5) = f(P_6) = f(P_7) = f(Q) = 0$ ,  $f(P_4) = 27$ ,  $f(P_8) = 8$ . Luego  $P_4$  es el máximo absoluto de la función  $f$  y todos los puntos denotados genéricamente por  $Q$  son mínimos absolutos.

3. Calcula el volumen limitado por las gráficas de las funciones  $z_1 = 2(x^2 + y^2)$  y  $z_2 = 5 - 3(x^2 + y^2)$  (1,5 puntos).

**Solución:**

Debemos integrar sobre el recinto  $z_1 = z_2$ , círculo de centro el origen y radio 1, la diferencia  $z_2 - z_1$ . Usando coordenadas polares tenemos:  $V = \int_0^1 \int_0^{2\pi} (5 - 5r^2) r d\theta dr = \frac{5\pi}{2}$ .



## SEGUNDO PARCIAL DE MATEMÁTICAS. GRADO DE INGENIERÍA CIVIL

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación obtenida											

### Observaciones

1. Las preguntas 1-6 son eliminatorias. Sólo se corregirá el examen completo a los alumnos que obtengan una puntuación igual o superior a 0.8 en las seis primeras preguntas.
2. Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
3. Los resultados de las seis primeras preguntas los tienes que escribir en la hoja de examen en los recuadros habilitados. Los cálculos auxiliares los haces en folios que también debes de entregar.
4. No se puede salir al aseo.
5. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
6. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
7. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora y DNI o pasaporte.
8. Tienes que firmar el examen.
9. Duración: 3 horas.

1. Calcula el jacobiano de  $f(x, y) = (4x^2 + 6y^3 + 3, 5x^2y^3 + 2)$  (0.3 puntos).

**Solución:**

$$Jf(x, y) = \begin{pmatrix} 8x^1 & 18y^2 \\ 10x^1y^3 & 15x^2y^2 \end{pmatrix}$$

2. Calcula el jacobiano de  $g(x, y) = (5\text{sen}(2x + 3y) + x, 4\text{cos}(6xy) + y)$  (0.3 puntos).

**Solución:**

$$Jg(x, y) = \begin{pmatrix} 1 + 10\text{cos}(2x + 3y) & 15\text{cos}(2x + 3y) \\ -24y\text{sen}(6xy) & 1 - 24x\text{sen}(6xy) \end{pmatrix}$$

3. Calcula  $J(f \circ g)(0, 0)$  (0.5 puntos).

**Solución:**

$$Jf \circ g(0, 0) = Jf(g(0, 0))Jg(0, 0) = \begin{pmatrix} 0 & 288 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

4. Describe en coordenadas esféricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 20^2, x < 0, y > 0, z > 0\}$  (0.3 puntos).

**Solución:**

$$\Omega_e = \{(r, \theta, \varphi) : r \leq 20, \frac{\pi}{2} < \theta < \pi, 0 < \varphi < \frac{\pi}{2}\}$$

5. Describe en coordenadas cilíndricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 16^2, x < 0, y < 0, z > 0\}$  (0.3 puntos).

**Solución:**

$$\Omega_c = \{(r, \theta, z) : r \leq 16, \pi < \theta < \frac{3\pi}{2}, 0 < z < \sqrt{16^2 - r^2}\}$$

6. ¿Qué tamaño tiene la matriz jacobiana de  $f : \mathbb{R}^9 \rightarrow \mathbb{R}^{2021}$ ? ¿Y la matriz hessiana de  $\|f\| : \mathbb{R}^9 \rightarrow \mathbb{R}$ ? (0.3 puntos).

**Solución:**

El tamaño de la matriz jacobiana es  $2021 \times 9$  y el de la matriz hessiana es  $9 \times 9$

7. Estudia la continuidad de

$$f(x, y) := \begin{cases} \frac{y^4 + x^6 \operatorname{sen}\left(\frac{10}{(x^2 + y^2)^9}\right)}{4(x^2 + y^2)} & \text{si } (x, y) \neq (0, 0) \\ 0 & \text{si } (x, y) = (0, 0) \end{cases}$$

(2 puntos).

**Solución:**

Es fácil ver mediante un paso a coordenadas polares que  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} f(x, y) = 0$  y por lo tanto la función  $f$  es continua.

8. Calcula el plano tangente a la superficie gráfica de  $z = f(x, y)$  en el punto  $(0, 0, f(0, 0))$ , donde la función  $f$  es la del ejercicio anterior (2 puntos).

**Solución:**

Sacando las derivadas parciales de  $f$  en el punto  $(0, 0)$ ,  $\frac{\partial f}{\partial x}(0, 0) = \frac{\partial f}{\partial y}(0, 0) = 0$ , se tiene que  $z = 0$  es el plano tangente. Basta con aplicar la fórmula que me da el plano tangente mediante el uso de las derivadas parciales.

9. Calcula el volumen de un cono de altura 5 y de radio de la base 10 (2 puntos).

**Solución:**

$$V = \frac{1}{3}\pi 500$$

10. Calcula el máximo y el mínimo absoluto de la función  $f(x, y) = 3e^{4(x^4 + y^4) + 2} + 6$  en el recinto  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : 1 \leq x^2 + y^2 \leq 8^2, x \leq 0\}$  (2 puntos).

**Solución:**

El máximo se encuentra en  $(0, 8)$  y el mínimo en  $(-\frac{8}{\sqrt{2}}, -\frac{8}{\sqrt{2}})$

**Firma del alumno:**

## SEGUNDO PARCIAL DE MATEMÁTICAS. GRADO DE RECURSOS

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación obtenida											

## Observaciones

1. Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora y DNI o pasaporte.
5. Tienes que firmar el examen.
6. Duración: 3 horas.

1. Calcula el jacobiano de  $f(x, y) = (5x^3 + 6y^4 + 3, 7x^3y^4 + 2)$  (0.3 puntos).

**Solución:**

$$Jf(x, y) = \begin{pmatrix} 15x^2 & 24y^3 \\ 21x^2y^4 & 28x^3y^3 \end{pmatrix}$$

2. Calcula el jacobiano de  $g(x, y) = (7\text{sen}(3x + 4y) + x, 5\text{cos}(6xy) + y)$  (0.3 puntos).

**Solución:**

$$Jg(x, y) = \begin{pmatrix} 1 + 21\text{cos}(3x + 4y) & 28\text{cos}(3x + 4y) \\ -30y\text{sen}(6xy) & 1 - 30x\text{sen}(6xy) \end{pmatrix}$$

3. Calcula  $J(f \circ g)(0, 0)$  (0.5 puntos).

**Solución:**

$$Jf \circ g(0, 0) = Jf(g(0, 0))Jg(0, 0) = \begin{pmatrix} 0 & 3000 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

4. Describe en coordenadas esféricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 25^2, x < 0, y > 0, z > 0\}$  (0.3 puntos).

**Solución:**

$$\Omega_e = \{(r, \theta, \varphi) : r \leq 25, \frac{\pi}{2} < \theta < \pi, 0 < \varphi < \frac{\pi}{2}\}$$

5. Describe en coordenadas cilíndricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 20^2, x < 0, y < 0, z > 0\}$  (0.3 puntos).

**Solución:**

$$\Omega_c = \{(r, \theta, z) : r \leq 20, \pi < \theta < \frac{3\pi}{2}, 0 < z < \sqrt{20^2 - r^2}\}$$

6. ¿Qué tamaño tiene la matriz jacobiana de  $f : \mathbb{R}^{12} \rightarrow \mathbb{R}^{2021}$ ? ¿Y la matriz hessiana de  $\|f\| : \mathbb{R}^{12} \rightarrow \mathbb{R}$ ? (0.3 puntos).

**Solución:**

El tamaño de la matriz jacobiana es  $2021 \times 12$  y el de la matriz hessiana es  $12 \times 12$

7. Calcula el plano tangente a la superficie gráfica de  $z = f(x, y)$  en el punto  $(0, 0, f(0, 0))$ , donde la función  $f$  es

$$f(x, y) := \begin{cases} \frac{y^5 + x^7 \operatorname{sen}\left(\frac{11}{(x^2 + y^2)^{11}}\right)}{5(x^2 + y^2)} & \text{si } (x, y) \neq (0, 0) \\ 0 & \text{si } (x, y) = (0, 0) \end{cases}$$

(2 puntos).

**Solución:**

Sacando las derivadas parciales de  $f$  en el punto  $(0, 0)$ ,  $\frac{\partial f}{\partial x}(0, 0) = \frac{\partial f}{\partial y}(0, 0) = 0$ , se tiene que  $z = 0$  es el plano tangente. Basta con aplicar la fórmula que me da el plano tangente mediante el uso de las derivadas parciales.

8. Calcula el volumen de un cono de altura 7 y de radio de la base 11 (2 puntos).

**Solución:**

$$V = \frac{1}{3}\pi 847$$

9. Calcula el máximo y el mínimo absoluto de la función  $f(x, y) = 4e^{5(x^4 + y^4) + 3} + 6$  en el recinto  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : 1 \leq x^2 + y^2 \leq 8^2, x \leq 0\}$  (2 puntos).

**Solución:**

El máximo se encuentra en  $(0, 8)$  y el mínimo en  $(-\frac{8}{\sqrt{2}}, -\frac{8}{\sqrt{2}})$

10. Calcula, usando un cambio de coordenadas adecuado, la integral doble  $\iint_{\Omega} (2x + y) \operatorname{sen}(x - y) dx dy$  donde  $\Omega$  es el recinto limitado por  $2x + y = 1$  y los ejes de coordenadas (2 puntos).

**EXAMEN FINAL DE MATEMÁTICAS. GRADO DE CIVIL (PARTE II)**  
12 de septiembre de 2011

<b>Preguntas</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<b>Puntuación obtenida</b>											

**Observaciones**

1. No se puede salir al aseo.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora y DNI o pasaporte.
5. Tienes que firmar el examen.
6. Duración: 1,5 horas.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. Calcula la integral siguiente y dibuja el recinto sobre el que se está integrando.

$$\int_0^3 \left( \int_0^{\sqrt{9-x^2}} \frac{1}{\sqrt{9-x^2-y^2}} dy \right) dx$$

(2,5 puntos).

**Solución:**

$$\frac{\pi}{2}3$$

2. Calcula los extremos absolutos de la función  $f(x, y) = x + y$  en el recinto

$$A = \{(x, y) : x^2 + y^2 \leq 4, x \leq 0\}.$$

Dibuja el recinto  $A$  y explica por qué está garantizada la existencia de extremos absolutos  
(2,5 puntos).

**Solución:**

El mínimo absoluto se encuentra en el punto  $(-\frac{2}{\sqrt{2}}, -\frac{2}{\sqrt{2}})$  y el máximo en el punto  $(0, 2)$ .



**Firma del alumno:**

**SEGUNDO PARCIAL DE MATEMÁTICAS.  
GRADO DE RECURSOS (PARTE II)**

<b>Preguntas</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<b>Puntuación obtenida</b>											

**Observaciones**

1. No se puede salir al aseo.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora y DNI o pasaporte.
5. Tienes que firmar el examen.
6. Duración: 1,5 horas.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. Sean  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y  $g : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$  definidas por

$$f(x, y) = (1x^2 + 2y^2, 3x^2 + 4y^2, 2x^3y^3) \quad g(x, y, z) = z^1 + 2zy.$$

Calcula la dirección por la que descenderíamos a máxima pendiente por la superficie  $z = g \circ f(x, y)$  si estamos situados en el punto  $(1, 1, g \circ f(1, 1))$  (2 puntos).

**Solución:**

La dirección es:  $(114, 122)$

Para calcularla es necesario obtener:

$$Jf(x, y) = \begin{pmatrix} 2x & 4y \\ 6x & 8y \\ 6x^2y^3 & 6x^3y^2 \end{pmatrix}, Jf(1, 1) = \begin{pmatrix} 2 & 4 \\ 6 & 8 \\ 6 & 6 \end{pmatrix}, f(1, 1) = (3, 7, 2),$$

$$Jg(x, y, z) = (0 \quad 2z \quad 2y + 1z^0) \quad Jg(3, 7, 2) = (0 \quad 4 \quad 15)$$

2. Calcula los extremos de la función  $g(x, y) = e^{3f(x,y)} + \log \sqrt{f(x,y)} + 2$  en el conjunto  $A = \{(x, y) : x \geq 0, y \geq 0, x^2 + y^2 \geq 1^2\}$ , siendo la función  $f(x, y)$  la suma de las distancias al cuadrado del punto  $(x, y)$  a los conjuntos  $x = 0$ ,  $y = 0$  y  $x^2 + y^2 = 1^2$  (2 puntos).

**Solución:**

Los mínimos son  $(1, 0)$  y  $(0, 1)$ .

3. Pon un ejemplo de una función  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  que sea localmente invertible en algún punto. Justifícalo con el teorema de la función inversa y di en qué punto es localmente invertible. El número  $n > 1$  lo eliges tú (1 punto).

**Firma del alumno:**

**FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS**  
**Examen Final, Primera parte**  
**16 de septiembre de 2011**

**Nombre y apellidos:**

**Fila y columna:**

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir porque los exámenes son diferentes.
2. Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en una cara nueva.
3. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. [1.5 puntos] Calcula  $\int \sqrt{3-5x^2} dx$
2. [2 puntos] Estudia si la matriz que sigue es diagonalizable o no. Caso de ser diagonalizable da una matriz diagonal y una matriz de paso y escribe la relación entre todas ellas.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 2 & 1 \\ -1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

3. [1.5 puntos] Recordamos que el conjunto  $M_{2 \times 2}(\mathbb{R})$ , formado por todas las matrices de tamaño  $2 \times 2$  sobre los números reales, es un espacio vectorial de dimensión 4 cuya base canónica es  $\beta_c = \left\{ \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right\}$ . Dada  $A = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$  se pide justificar si el conjunto de matrices  $\beta = \{I_2, A, A^2, A^3\}$  es o no linealmente independiente. ¿Es una base de  $M_{2 \times 2}(\mathbb{R})$ ?

**Firma del alumno:**

**FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS, ITOP**  
**Exámen Final, Primera parte**  
**12 de septiembre de 2011**

**Nombre y apellidos:**

**Fila y columna:**

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir porque los exámenes son diferentes.
2. Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en una cara nueva.
3. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. [2 puntos] Calcula  $\int \frac{1}{1-4x^2} dx$
2. [1 punto] Recordamos que el conjunto  $M_{2 \times 2}(\mathbb{R})$ , formado por todas las matrices de tamaño  $2 \times 2$  sobre los números reales, es un espacio vectorial de dimensión 4 cuya base canónica es  $\beta_c = \left\{ \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right\}$ . Dada  $A = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$  se pide justificar si el conjunto de matrices  $\beta = \{I_2, A, A^2, A^3\}$  es o no linealmente independiente. ¿Es una base de  $M_{2 \times 2}(\mathbb{R})$ ?
3. [2 puntos] Estudia si la matriz que sigue es diagonalizable o no. Caso de ser diagonalizable da una matriz diagonal y una matriz de paso y escribe la relación entre todas ellas.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 2 & 1 \\ -1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

**Firma del alumno:**

## SEGUNDO PARCIAL DE MATEMÁTICAS. GRADO DE RECURSOS

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación obtenida											

## Observaciones

1. No se puede salir al aseo.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora y DNI o pasaporte.
5. Tienes que firmar el examen.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. Describe el siguiente conjunto en coordenadas polares

$$\Omega = \{(x, y) : x^2 + (y + 1)^2 < 1^2\}$$

(1 punto).

2. Sean  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y  $g : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$  definidas por

$$f(x, y) = (1x^2 + 2y^2, 2x^2 + 1y^2, 2x^3y^3) \quad g(x, y, z) = z^1 + 2zy.$$

Calcula el plano tangente a la superficie  $z = g \circ f(z, y)$  en el punto  $(1, 1, g \circ f(1, 1))$  (2 puntos).

**Solución:**

La dirección es: (58, 50)

Para calcularla es necesario obtener:

$$Jf(x, y) = \begin{pmatrix} 2x & 4y \\ 4x & 2y \\ 6x^2y^3 & 6x^3y^2 \end{pmatrix}, Jf(1, 1) = \begin{pmatrix} 2 & 4 \\ 4 & 2 \\ 6 & 6 \end{pmatrix}, f(1, 1) = (3, 3, 2),$$

$$Jg(x, y, z) = (0 \quad 2z \quad 2y + 1z^0) \quad Jg(3, 3, 2) = (0 \quad 4 \quad 7)$$

3. Calcula, usando un cambio de coordenadas adecuado, la integral doble  $\iint_{\Omega} (2x + y) \cos(x - 2y) dx dy$  donde  $\Omega$  es el recinto limitado por  $2x + y = 1$  y los ejes de coordenadas (2 puntos).

**Firma del alumno:**

## AMPLIACIÓN DE MATEMÁTICAS. AGRÍCOLAS

<b>Preguntas</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<b>Puntuación obtenida</b>											

### Observaciones

1. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
2. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
3. Tienes que firmar el examen.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. Un tanque contiene originalmente 1400 litros de agua limpia. Entonces se vierte en el tanque agua que contiene 0.05 kilogramos de sal por litro a una velocidad de 15 litros por minuto, y se deja que la mezcla salga del tanque con la misma rapidez. Determinar la sal que habrá en el tanque después de 18 minutos.
2. De los siguientes sistemas de ecuaciones diferenciales di cuáles representan sistemas cooperativos, competitivos o Lotka-Volterra. Justifica tu respuesta y di en el caso que corresponda qué población representa a los depredadores y cuál a las presas (1.5 puntos) .

$$(a) \begin{cases} x' = 1x + 2xy - 2x^2 \\ y' = 1y - 3xy - 3y^2 \end{cases} \quad (b) \begin{cases} x' = 1x + 2xy - 2x^2 \\ y' = 1y + 2xy - 5y^2 \end{cases} \quad (c) \begin{cases} x' = 1x - 2xy - 2x^2 \\ y' = 1y - 3xy - 1y^2 \end{cases}$$

### Solución:

El sistema (a) es de Lotka-Volterra siendo la variable  $x$  los depredadores y la  $y$  las presas.

El sistema (b) es cooperativo.

El sistema (c) es competitivo.



3. Haz una representación del diagrama de fases del sistema (b) del ejercicio anterior (1 punto).
4. Calcula el número de subintervalos que tenemos que hacer para garantizar que la regla del trapecio compuesta nos dé un error menor que  $10^{-5}$  al aproximar a  $\int_0^5 (e^x + \cos x) dx$  (2.5 puntos).
5. Resuelve el problema de Cauchy:

$$\begin{cases} y'' - 3y' + 2y = 2e^{-1t} \\ y(0) = 3 \\ y'(0) = 4 \end{cases}$$

**Solución:**

Las raíces de la ecuación característica son  $-1$  y  $2$ .

La solución de la ecuación homogénea es:

$$y_h(t) = c_1 e^{1t} + c_2 e^{2t}$$

La solución particular es de la forma  $y_p(t) = K e^{-1t}$  y la constante se calcula y obtenemos:

$$y_p(t) = \frac{2}{6} e^{-1t}$$

Finalmente se impondrían las condiciones de Cauchy.

**Firma del alumno:**

## SEGUNDO PARCIAL DE MATEMÁTICAS. GRADO DE INGENIERÍA CIVIL

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación obtenida											

1. Calcula el jacobiano de  $f(x, y) = (3x^1 + 6y^2 + 3, 5x^1y^2 + 2, 1x^2y^2)$  (0.5 puntos).

**Solución:**

$$Jf(x, y) = \begin{pmatrix} 3x^0 & 12y^1 \\ 5x^0y^2 & 10x^1y^1 \\ 2xy^2 & 2yx^2 \end{pmatrix}$$

2. Calcula el jacobiano de  $g(x, y, z) = 5x + 2y + 3xyz$  (0.5 puntos).

**Solución:**

$$Jg(x, y, z) = (5 + 3yz \quad 2 + 3xz \quad 3xy)$$

3. Calcula el plano tangente a la superficie  $z = g \circ f(x, y)$  en el punto que sea posible de los siguientes

$$A = (1, 1, 329), B = (1, 1, 328), C = (1, 1, 326),$$

(2 puntos).

**Solución:**

El punto en el que es posible hacer el plano tangente tiene que estar en la superficie, es decir, debe verificar que  $z = g \circ f(x, y)$  y eso sólo lo satisface el punto  $C$ . Para calcular el plano tangente debemos conseguir las parciales de la función  $g \circ f$  en el punto  $(1, 1)$  puesto que la ecuación de dicho plano es:

$$z - g \circ f(1, 1) = \frac{\partial g \circ f}{\partial x}(1, 1)(x - 1) + \frac{\partial g \circ f}{\partial y}(1, 1)(y - 1)$$

Calculamos los "ingredientes":  $Jg \circ f(1, 1) = Jg(f(1, 1))Jf(1, 1) = Jg(12 \quad 7 \quad 1) \begin{pmatrix} 3 & 12 \\ 5 & 10 \\ 2 & 2 \end{pmatrix} =$

$$(26 \quad 38 \quad 252) \begin{pmatrix} 3 & 12 \\ 5 & 10 \\ 2 & 2 \end{pmatrix} = (772, 1196)$$

Así que el plano tangente es finalmente:

$$z - 326 = 772(x - 1) + 1196(y - 1)$$

4. Describe en coordenadas esféricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 17^2, x < 0, y < 0, z < 0\}$  (0.5 puntos).

**Solución:**

$$\Omega_e = \{(r, \theta, \varphi) : r \leq 17, \pi < \theta < \frac{3\pi}{2}, \frac{\pi}{2} < \varphi < \pi\}$$

5. Describe en coordenadas cilíndricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 14^2, xz < 0\}$  (0.5 puntos).

**Solución:**

Observa que

$$\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 14^2, x < 0, z > 0\} \cup \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 14^2, x > 0, z < 0\}$$

$$\begin{aligned} \Omega_c &= \{(r, \theta, z) : r \leq 14, \frac{\pi}{2} < \theta < \frac{3\pi}{2}, 0 < z < \sqrt{14^2 - r^2}\} \cup \\ &\cup \{(r, \theta, z) : r \leq 14, 0 < \theta < \frac{\pi}{2}, -\sqrt{14^2 - r^2} < z < 0\} \\ &\cup \{(r, \theta, z) : r \leq 14, \frac{3\pi}{2} < \theta < 2\pi, -\sqrt{14^2 - r^2} < z < 0\} \end{aligned}$$

6. Estudia la continuidad de

$$f(x, y) := \begin{cases} \frac{(y^3 + x^5) \operatorname{sen}\left(\frac{9}{(x^2 + y^2)^7}\right)}{3(x^2 + y^2)} & \text{si } (x, y) \neq (0, 0) \\ 0 & \text{si } (x, y) = (0, 0) \end{cases}$$

(2 puntos).

**Solución:**

Es fácil ver mediante un paso a coordenadas polares que  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} f(x, y) = 0$  y por lo tanto la función  $f$  es continua.

7. Calcula el volumen de un sólido tridimensional cuyos puntos,  $(x, y, z)$ , están delimitados por las superficies  $y = x$ ,  $y = x^3$ ,  $z = 1x^2 + 1y^2$  y  $z = -3x^2 - 3y^2$  (2 puntos)..

**Solución:**

$$V = 4 \left( \frac{1}{6} - \frac{1}{3} + \frac{1}{30} \right)$$

8. Sea  $A$  el conjunto  $\{(x, y) : x^2 + (y - 6)^2 \leq 3^2, x \geq 0\}$ . Calcula los puntos de  $A$  que se encuentran a mayor y menor distancia de  $(6, 6)$  (2 puntos).

**Solución:**

La función que hay que maximizar es  $g(x, y) = d((x, y), (6, 6))$

El mínimo es el punto  $(3, 6)$  y los máximos son  $(0, 6)$  y  $(0, 3)$

Firma del alumno:

**EXAMEN FINAL DE MATEMÁTICAS. GRADOS DE CIVIL Y DE RECURSOS.  
JUNIO DE 2012**

Firma del alumno:

Nombre y apellidos:

Modalidad de examen elegida:

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Puntuación obtenida												

MODALIDADES DE EXAMEN	PREGUNTAS
FINAL CIVIL	1,2,4,6,7,8,9
FINAL MINAS	6,7,8,9 y las referentes al segundo parcial en folio aparte
PRIMER PARCIAL CIVIL	de la 6 a la 11, ambas inclusive
SEGUNDO PARCIAL CIVIL	de la 1 a la 5, ambas inclusive

1. Describe el siguiente conjunto en coordenadas polares

$$\Omega = \{(x, y) : (x + 1)^2 + y^2 < 1^2\}$$

(2 puntos).

**Solución:**

El conjunto está dibujado en la figura 1.

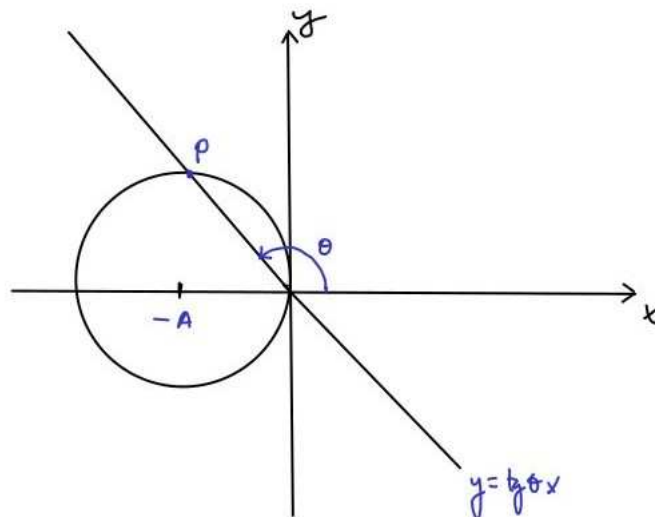


Figura 1: En esta figura  $A$  vale 1

El punto  $P$  se calcula intersectando la recta  $y = \operatorname{tg} \theta x$  con el círculo  $(x + 1)^2 + y^2 < 1^2$ . Puedes comprobar que ese punto es  $(\frac{-2}{1+\operatorname{tg}^2 \theta}, \frac{-2\operatorname{tg} \theta}{1+\operatorname{tg}^2 \theta})$ , luego  $d(O, P) = 2\cos \theta$  y la descripción solicitada es:

$$\Omega_p = \{(r, \theta) : \frac{\pi}{2} < \theta < \frac{3\pi}{2}, 0 < r < 2\cos \theta\}.$$

2. ¿Qué puntos tienen coordenada cilíndrica  $r$  igual a 0? (0,5 puntos).

**Solución:**

Todos los del eje  $z$ .

3. Calcula  $\frac{\partial f}{\partial y}(0,0)$  y  $\frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x}(0,0)$  de la función

$$f(x, y) = \begin{cases} \frac{xy[(1x)^2 - (2y)^2]}{2^2(x^2 + y^2)} & \text{si } (x, y) \neq (0, 0), \\ 0 & \text{si } (x, y) = (0, 0). \end{cases}$$

(2,5 puntos).

**Solución:**

$$\frac{\partial f}{\partial y}(0,0) = 0 \quad \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}(0,0) = -\frac{4}{4} \quad \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x}(0,0) = \frac{1}{4}$$

Para resolver dudas sobre este ejercicio es recomendable ver el 9.52 de la hoja de ejercicios.

4. De entre las ternas de números positivos que suman una cantidad menor o igual a 9 ¿es cierto que su producto no excede de 28? (2,5 puntos).

**Solución:**

Se trata de maximiar la función  $f(x, y, z) = xyz$  en el conjunto  $\Omega = \{(x, y, z) : x + y + z \leq 9\}$  (en la figura 4 está representado  $\Omega$ ). Como  $\Omega$  es un conjunto compacto y  $f$  es continua tenemos que  $f$  alcanzará un máximo y un mínimo absoluto en  $\Omega$ . Vamos a calcularlos.

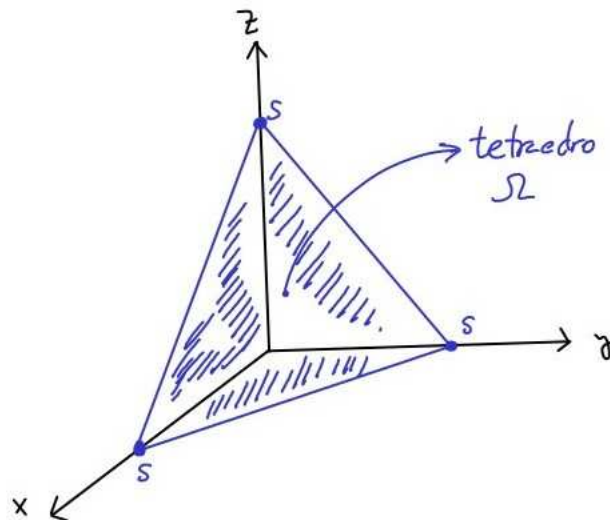


Figura 2: En esta figura  $S$  vale 9

Buscamos los extremos relativos de la función en el interior, para ello igualamos el gradiente a 0:

$$\nabla f(x, y, z) = (yz, xz, xy) = (0, 0, 0)$$

Esta ecuación no tiene puntos en el interior de  $\Omega$  porque sus soluciones son los puntos que están en las aristas del tetraedro que coinciden con los ejes de coordenadas.

Seguidamente buscamos los candidatos a extremos en la frontera de  $\Omega$ . Empezamos buscando en el el plano  $x + y + z = 9$ . La función lagrangiana es  $L(x, y, z) = f(x, y, z) + \lambda(x + y + z - 9)$  y los candidatos a extremos condicionados satisfacen:

$$\nabla L(x, y, z) = (yz + \lambda, xz + \lambda, xy + \lambda) = (0, 0, 0)$$

Esta ecuación junto a la ligadura  $x + y + z = 9$ , tiene como solución a los puntos:

$$P_1 = (9, 0, 0), P_2 = (0, 9, 0), P_3 = (0, 0, 9), P_4(3, 3, 3)$$

En el resto de puntos de la frontera de  $\Omega$  (las otras paredes del tetraedro) forman parte de los planos coordenados y todos los puntos son máximos y mínimos relativos condicionados porque la función  $f$  vale 0. A estos puntos los denotaremos genéricamente por  $Q$

Ya tenemos todos los puntos candidatos a extremos. Como  $f(P_1) = f(P_2) = f(P_3) = f(Q) = 0$  y  $f(P_4) = 27$ . Luego  $P_4$  es el máximo absoluto de la función  $f$  y no excede su valor de 27. Así que sí es cierta la pregunta.

5. Calcula el volumen del sólido limitado por  $x^2 + y^2 = 1^2$ ,  $2x + 2y + 4z = 8$  y por  $2x + 2y - 4z = 8$  (2,5 puntos).

**Solución:**

Si denotamos por  $\Omega$  el conjunto  $\{(x, y) : x^2 + y^2 \leq 1^2\}$  entonces

$$\begin{aligned} V &= \iint_{\Omega} 2 - \frac{2}{4}x - \frac{2}{4}y - \left(-2 + \frac{2}{4}x + \frac{2}{4}y\right) dx dy \\ &= \int_0^1 \int_0^{2\pi} \left(4 + \frac{0}{4}r\cos\theta + \frac{0}{4}r\sen\theta\right) r dr d\theta = 4\pi \end{aligned}$$

6. Calcula las ecuaciones del subespacio  $W = \{(x, y, z) : 1x + 2y + 2z = 0\}$  respecto de la base  $\beta = \{(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 0)\}$ . Da una base de  $W$  expresando las coordenadas de los vectores de dicha base en  $\beta$  (1,5 puntos).

**Solución:**

Dado un vector  $(x, y, z)_{\beta} \in W$  tendremos que  $(x, y, z)_{\beta} = (x + y + z, x + y, x)$  y por estar en  $W$  tenemos que  $5x + 3y + 1z = 0$ , luego:

$$W = \{(x, y, z)_{\beta} : 5x + 3y + 1z = 0\}.$$

$\dim W = 3 - \text{rg}A_W = 2$ , así que tenemos que tomar dos vectores en  $W$  linealmente independientes y serán base:

$$\beta_W = \{(0, -1, 3), (-1, 0, 5)\}.$$

7. Calcula la primitiva  $\int \sqrt{1 - x^2} dx$  (1,5 puntos).

**Solución:**

Haremos el cambio de variable  $x = 1\text{sen}\theta$ :

$$\begin{aligned} \int \sqrt{1 - x^2} dx &= 1 \int \cos^2\theta d\theta = 1 \int \frac{1 + \cos(2\theta)}{2} d\theta = 1 \left( \frac{\theta}{2} + \frac{\sen(2\theta)}{4} \right) \\ &= 1 \left( \frac{1}{2} \arcsen \frac{x}{1} + 2 \frac{x}{1} \sqrt{1 - \left(\frac{x}{1}\right)^2} \right) \end{aligned}$$

8. Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  definida por  $f((x, y, z)_{\beta}) = (1x - 1y, 2x - 2z, 0)_{\beta}$ . Calcula las ecuaciones de  $\text{Ker } f$  en la base canónica (1 punto). Calcula una base (expresando sus vectores en la base canónica) de  $\text{Ker } f$  (0,5 puntos).

**Solución:**

Empezamos calculando la matriz asociada a  $f$  respecto de la base canónica y la base  $\beta$ :

$$\begin{aligned} f(1, 0, 0) &= f((0, 0, 1)_\beta) = (0, -2, 0)_\beta \\ f(0, 1, 0) &= f((0, 1, -1)_\beta) = (-1, -2, 0)_\beta \\ f(0, 0, 1) &= f((1, -1, 0)_\beta) = (2, 2, 0)_\beta \end{aligned}$$

Así que

$$M_{\beta_c\beta}(f) = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 2 \\ -2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

y

$$\text{Ker } f = \{(x, y, z) : 2y - 1x = -2y = 2y - 2x = 0\} = \{(x, y, z) : x = y = 0\}$$

$$\beta_{\text{Ker } f} = \{(0, 0, 1)\}.$$

9. Una matriz tiene por polinomio característico a  $p(x) = x^2 - 2x + 5$  ¿es diagonalizable? (0,5 puntos).

**Solución:**

No puede ser diagonalizable porque posee números complejos en el espectro:  $1 \pm 2i$ .

10. Estudia si la matriz que sigue es diagonalizable o no. Caso de ser diagonalizable da una matriz diagonal y una matriz de paso y escribe la relación entre todas ellas.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 2 & 1 \\ -1 & 1 & 2 \end{pmatrix} \quad \underline{(2,5 puntos)}.$$

**Solución:**

$\sigma_A = \{1, 2\}$  con  $m(1) = 2$  y  $m(2) = 1$ .

$$D = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix} \quad P = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

11. Calcula el desarrollo de Taylor de orden 4 de la función  $f(x) = \sqrt[3]{1+x}$ . Aproxima el valor de  $f(x) = \sqrt[3]{1.02}$  utilizando un desarrollo de Taylor de  $f(x)$  que nos permita asegurar que el error cometido es menor que 0.01 (2,5 puntos).

## AMPLIACIÓN DE MATEMÁTICAS. AGRÍCOLAS

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<b>Puntuación obtenida</b>											

### Observaciones

1. Tienes que firmar el examen.

1. Necesitamos pedir un préstamo para ampliar nuestro semillero. Vamos a solicitar al banco y nos conceden un capital de 500000 euros que tenemos que devolver de acuerdo con el sistema de amortización francés continuo en 20 años. Nos fijan un tipo de interés fijo al 3% ¿Cuál es la cantidad mensual que debemos pagar mensualmente? ¿Cuál será la cantidad total que habremos pagado? ¿Cuántos intereses habremos pagado cuando acabemos de pagar?
2. Haz una representación del diagrama de fases del sistema para valores de la  $x$  e  $y$  positivos. Calcula todos los puntos críticos y clasifícalos. Di si este sistema representa o no a dos poblaciones que cooperan, compiten o son depredador-presa.

$$\begin{cases} x' = 1x + 2xy - 2x^2 \\ y' = 1y + 2xy - 5y^2 \end{cases}$$

3. Calcula el número de subintervalos que tenemos que hacer para garantizar que la regla del trapecio compuesta nos dé un error menor que  $10^{-5}$  al aproximar a  $\int_0^5 (e^x + \cos x + \sin x + x^2) dx$  (2.5 puntos).
4. Resuelve el problema de Cauchy:

$$\begin{cases} y'' - 3y' + 2y = 2e^{-1t} \\ y(0) = 3 \\ y'(0) = 4 \end{cases}$$

**Firma del alumno:**



**MATEMÁTICAS**  
**Examen parcial, Segunda parte**  
**28 de enero de 2012**

**Nombre y apellidos:**

**Fila y columna:**

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir porque los exámenes son diferentes.
2. Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en una cara nueva.
3. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. [2.5 punto] Calcula  $\log(1.01) + e^{0.01}$  cometiendo un error menor que  $10^{-5}$ .
2. [2.5 puntos] Recordamos que el espacio vectorial  $V = \mathbb{P}_{\mathbb{R}}^{(3)}[X]$ , de los polinomios de grado menor o igual que 3 con coeficientes reales y en la variable  $x$ , tiene dimensión 4 y tiene por base canónica a  $\beta_c = \{1, x, x^2\}$ . Se pide:
  - a) Calcular el polinomio de Taylor de orden 3 y centrado en  $a = 0$  de la función  $f(x) = \ln(\sin(x))$  (usa la definición del polinomio de Taylor en este apartado y los dos siguientes) (0.4 puntos).
  - b) Calcular el polinomio de Taylor de orden 3 y centrado en  $a = 0$  de la función  $g(x) = \cos(x^4)$  (0.4 puntos).
  - c) Calcular el polinomio de Taylor de orden 3 y centrado en  $a = 0$  de la función  $r(x) = 3 \log(1 + x^2)$  (0.4 puntos).
  - d) Calcular el polinomio de Taylor de orden 3 y centrado en  $a = 0$  de la función  $h(x) = 3e^x$  (0.4 puntos).
  - e) Ahora  $p_f, p_g, p_r$  y  $p_h$  son, respectivamente, los polinomios antes calculados de las funciones  $f, g, r$  y  $h$ . Demuestra que  $\beta = \{p_f, p_g, p_r, p_h\}$  es una base de  $V$  (0.4 puntos).
  - f) Calcula  $M_{\beta\beta_c}$  (0.4 puntos).

**Firma del alumno:**

**FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS**  
**Examen Final, Primera parte**  
**28 de enero de 2012**

Nombre y apellidos:

Fila y columna:

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir porque los exámenes son diferentes.
2. Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en una cara nueva.
3. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. [1 punto] Calcula  $\int x\sqrt{3-6x^2}dx$
2. [2 puntos] Estudia si la matriz que sigue es diagonalizable o no. Caso de ser diagonalizable da una matriz diagonal y una matriz de paso y escribe la relación entre todas ellas.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 2 & 1 \\ -1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

3. [2 puntos] Considera las bases  $\beta = \{(1, 1, 1), (2, 1, 0), (1, 0, 0)\}$  y  $\beta' = \{(1, 3, 1), (6, 1, 0), (1, 0, 0)\}$  y la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  cuya definida por  $M_{\beta\beta'}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ . Se pide calcular:
  - a)  $M_{\beta_c\beta_c}(f)$  ( $\beta_c$  denota la base canónica de  $\mathbb{R}^3$ ).
  - b) Ecuaciones de  $\text{Ker } f$  respecto de la base canónica.
  - c) Una base de  $\text{Ker } f$  expresando las coordenadas de los vectores de la base en la base  $\beta$ .
  - d) Ecuaciones de  $\text{Im } f$  respecto de la base canónica.
  - e) Una base de  $\text{Im } f$  expresando las coordenadas de los vectores de la base en la base canónica.

**Firma del alumno:**

**PRIMER PARCIAL DE MATEMÁTICAS. PARTE I**

<b>Preguntas</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<b>Puntuación obtenida</b>											

**Observaciones**

1. Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora **no científica** y DNI o pasaporte.
5. Tienes que firmar el examen.
6. Duración: 1,5 horas.

1. Recordamos que el espacio vectorial  $V = \mathbb{P}_{\mathbb{R}}^{(2)}[X]$ , de los polinomios de grado menor o igual que 2 con coeficientes reales y en la variable  $x$ , tiene dimensión 3 y tiene por base canónica a  $\beta_c = \{1, x, x^2\}$ . Se pide:
  - a) Calcular el polinomio característico de orden 2 y centrado en  $a = 0$  de la función  $f(x) = \text{lsen}(x)$  (usa la definición del polinomio de Taylor en este apartado y los dos siguientes) (0.4 puntos).
  - b) Calcular el polinomio característico de orden 2 y centrado en  $a = 0$  de la función  $g(x) = \cos(x^4)$  (0.4 puntos).
  - c) Calcular el polinomio característico de orden 2 y centrado en  $a = 0$  de la función  $h(x) = 3 \log(1 + x^2)$  (0.4 puntos).
  - d) Ahora  $p_f, p_g$  y  $p_h$  son, respectivamente, los polinomios antes calculados de las funciones  $f, g$  y  $h$ . Demuestra que  $\beta = \{p_f, p_g, p_h\}$  es una base de  $V$  (0.4 puntos).
  - e) Calcula  $M_{\beta\beta_c}$  (0.4 puntos).
2. Sean  $U = \{(x, y, z, t, u) \in \mathbb{R}^5 : 1x+2z+3u = 1z+2u = 2u = 0\}$  y  $V = \langle (0, 0, 0, 0, 1), (0, 2, 0, 3, 0) \rangle$ . Se pide:
  - a) Una base de  $U$  (0.3 puntos).
  - b) Una base de  $V$  (0.2 puntos).
  - c) Ecuaciones de  $V$  respecto de la base canónica (0.3 puntos).
  - d) Ecuaciones de  $U + V$  (0.3 puntos).
  - e) Base de  $U + V$  (0.3 puntos).  
 $\beta_{U+V} = \{(0, 1, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 1, 0), (0, 0, 0, 0, 1)\}$
  - f) Ecuaciones de  $U \cap V$  (0.3 puntos).  
 $U \cap V = \{(x, y, z, t, u) \in \mathbb{R}^5 : x = z = u = 2t - 3y = 0\}$

g) Base de  $U \cap V$  (0.3 puntos).

$$\beta_{U+V} = \{(0, 2, 0, 3, 0)\}$$

3. Calcula la primitiva  $\int \frac{\sqrt{\arctan(3x)}}{1+9x^2} dx$  (1 punto).

**PRIMER PARCIAL DE MATEMÁTICAS. PARTE II**

<b>Preguntas</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<b>Puntuación obtenida</b>											

**Observaciones**

1. Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora **no científica** y DNI o pasaporte.
5. Tienes que firmar el examen.
6. Duración: 1,5 horas.

1. Estudia si la matriz que sigue es diagonalizable o no. Caso de ser diagonalizable da una matriz diagonal y matrices de paso y escribe la relación entre todas ellas (3 puntos).

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 2 & 1 \\ -1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

2. Calcula una aproximación de  $1e^{0.01} + 2\cos(0.01)$  cometiendo un error menor que  $10^{-4}$  (2 puntos).

## SEGUNDO PARCIAL DE MATEMÁTICAS (PARTE II)

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación obtenida											

## Observaciones

1. Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora **no científica** y DNI o pasaporte.
5. Tienes que firmar el examen.
6. Duración: 1.5 horas.

1. Calcula el volumen de un cono de altura 3 y de radio de la base 9 (2 puntos).
2. Sean  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y  $g : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$  definidas por

$$f(x, y) = (1x^2 + 2y^2, 3x^2 + 6y^2, 2x^3y^3) \quad g(x, y, z) = z^1 + 2zy.$$

Calcula el plano tangente a la superficie  $z = g \circ f(z, y)$  en el punto  $(1, 1, g \circ f(1, 1))$  (2 puntos).

3. Describe en coordenadas esféricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 17^2, x < 0, y > 0, z > 0\}$  (0.3 puntos).
4. Describe en coordenadas cilíndricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 14^2, x < 0, y < 0, z > 0\}$  (0.3 puntos).

## SEGUNDO PARCIAL DE MATEMÁTICAS. GRADO DE INGENIERÍA CIVIL

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación obtenida											

## Observaciones

- Las preguntas 1-6 son eliminatorias. Sólo se corregirá el examen completo a los alumnos que obtengan una puntuación igual o superior a 0.8 en las seis primeras preguntas.
- Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
- Los resultados de las seis primeras preguntas los tienes que escribir en la hoja de examen en los recuadros habilitados. Los cálculos auxiliares los haces en folios que también debes de entregar.
- No se puede salir al aseo.
- Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
- Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
- Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora y DNI o pasaporte.
- Tienes que firmar el examen.
- Duración: 3 horas.

- Calcula el jacobiano de  $f(x, y) = (4x^2 + 6y^3 + 3, 5x^2y^3 + 2)$  (0.3 puntos).
- Calcula el jacobiano de  $g(x, y) = (5\text{sen}(2x + 3y) + x, 4\text{cos}(6xy) + y)$  (0.3 puntos).
- Calcula  $J(f \circ g)(0, 0)$  (0.5 puntos).
- Describe en coordenadas esféricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 20^2, x < 0, y > 0, z > 0\}$  (0.3 puntos).
- Describe en coordenadas cilíndricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 16^2, x < 0, y < 0, z > 0\}$  (0.3 puntos).
- ¿Qué tamaño tiene la matriz jacobiana de  $f : \mathbb{R}^9 \rightarrow \mathbb{R}^{2021}$ ? ¿Y la matriz hessiana de  $\|f\| : \mathbb{R}^9 \rightarrow \mathbb{R}$ ? (0.3 puntos).
- Estudia la continuidad de

$$f(x, y) := \begin{cases} \frac{y^4 + x^6 \text{sen}\left(\frac{10}{(x^2 + y^2)^9}\right)}{4(x^2 + y^2)} & \text{si } (x, y) \neq (0, 0) \\ 0 & \text{si } (x, y) = (0, 0) \end{cases}$$

(2 puntos).

- Calcula el plano tangente a la superficie gráfica de  $z = f(x, y)$  en el punto  $(0, 0, f(0, 0))$ , donde la función  $f$  es la del ejercicio anterior (2 puntos).

9. Calcula el volumen de un cono de altura 5 y de radio de la base 10 (2 puntos).
10. Calcula el máximo y el mínimo absoluto de la función  $f(x, y) = 3e^{4(x^4+y^4)+2} + 6$  en el recinto  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : 1 \leq x^2 + y^2 \leq 8^2, x \leq 0\}$  (2 puntos).

**Firma del alumno:**



## SEGUNDO PARCIAL DE MATEMÁTICAS. GRADO DE RECURSOS

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación obtenida											

## Observaciones

1. Tienes que devolver la hoja de examen para que se pueda corregir.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora y DNI o pasaporte.
5. Tienes que firmar el examen.
6. Duración: 3 horas.

1. Calcula el jacobiano de  $f(x, y) = (5x^3 + 6y^4 + 3, 7x^3y^4 + 2)$  (0.3 puntos).
2. Calcula el jacobiano de  $g(x, y) = (7\text{sen}(3x + 4y) + x, 5\text{cos}(6xy) + y)$  (0.3 puntos).
3. Calcula  $J(f \circ g)(0, 0)$  (0.5 puntos).
4. Describe en coordenadas esféricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 25^2, x < 0, y > 0, z > 0\}$  (0.3 puntos).
5. Describe en coordenadas cilíndricas el recinto  $\Omega = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 20^2, x < 0, y < 0, z > 0\}$  (0.3 puntos).
6. ¿Qué tamaño tiene la matriz jacobiana de  $f : \mathbb{R}^{12} \rightarrow \mathbb{R}^{2021}$ ? ¿Y la matriz hessiana de  $\|f\| : \mathbb{R}^{12} \rightarrow \mathbb{R}$ ? (0.3 puntos).
7. Calcula el plano tangente a la superficie gráfica de  $z = f(x, y)$  en el punto  $(0, 0, f(0, 0))$ , donde la función  $f$  es

$$f(x, y) := \begin{cases} \frac{y^5 + x^7 \text{sen}\left(\frac{11}{(x^2 + y^2)^{11}}\right)}{5(x^2 + y^2)} & \text{si } (x, y) \neq (0, 0) \\ 0 & \text{si } (x, y) = (0, 0) \end{cases}$$

(2 puntos).

8. Calcula el volumen de un cono de altura 7 y de radio de la base 11 (2 puntos).
9. Calcula el máximo y el mínimo absoluto de la función  $f(x, y) = 4e^{5(x^4 + y^4) + 3} + 6$  en el recinto  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : 1 \leq x^2 + y^2 \leq 8^2, x \leq 0\}$  (2 puntos).
10. Calcula, usando un cambio de coordenadas adecuado, la integral doble  $\iint_{\Omega} (2x + y)\text{sen}(x - y) dx dy$  donde  $\Omega$  es el recinto limitado por  $2x + y = 1$  y los ejes de coordenadas (2 puntos).

## EXAMEN FINAL DE MATEMÁTICAS. GRADO DE CIVIL (PARTE II)

<b>Preguntas</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<b>Puntuación obtenida</b>											

### Observaciones

1. No se puede salir al aseo.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora y DNI o pasaporte.
5. Tienes que firmar el examen.
6. Duración: 1,5 horas.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. Calcula el volumen del sólido limitado por  $x^2 + y^2 = 1^2$ ,  $2x + 2y + 5z = 10$  y por  $3x + 3y - 5z = 15$  (1,75 puntos).
2. Describe el siguiente conjunto en coordenadas polares

$$\Omega = \{(x, y) : (x + 1)^2 + y^2 < 1^2\}$$

(1 punto).

3. Dada  $f : \mathbb{R}^6 \rightarrow \mathbb{R}^{2021}$ ? ¿Se puede realizar el producto  $Jf(u)Hf(u)$ ? ¿Y  $Hf(u)Jf(u)$ ? ¿Por qué? (0.5 puntos).
4. Calcula el límite siguiente:

$$\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{x^6 + y^6}{x^3 - y^3}$$

(1,75 puntos).

## SEGUNDO PARCIAL DE MATEMÁTICAS. GRADO DE CIVIL (PARTE I)

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación obtenida											

## Observaciones

1. No se puede salir al aseo.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora y DNI o pasaporte.
5. Tienes que firmar el examen.
6. Duración: 1,5 horas.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. Sean  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y  $g : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$  definidas por

$$f(x, y) = (1x^2 + 2y^2, 3x^2 + 4y^2, 2x^3y^3) \quad g(x, y, z) = z^1 + 2zy.$$

Calcula la dirección por la que descenderíamos a máxima pendiente por la superficie  $z = g \circ f(x, y)$  si estamos situados en el punto  $(1, 1, g \circ f(1, 1))$  (2 puntos).

2. Calcula los extremos de la función  $g(x, y) = e^{3f(x,y)} + \log \sqrt{f(x, y)} + 2$  en el conjunto  $A = \{(x, y) : x \geq 0, y \geq 0, x^2 + y^2 \geq 1^2\}$ , siendo la función  $f(x, y)$  la suma de las distancias al cuadrado del punto  $(x, y)$  a los conjuntos  $x = 0$ ,  $y = 0$  y  $x^2 + y^2 = 1^2$  (2 puntos).
3. Pon un ejemplo de una función  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  que sea localmente invertible en algún punto. Justifícalo con el teorema de la función inversa y di en qué punto es localmente invertible. El número  $n > 1$  lo eliges tú (1 punto).

**FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS, ITOP**  
**Examen Final, Primera parte**

---

Nombre y apellidos:

Fila y columna:

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir porque los exámenes son diferentes.
2. Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en una cara nueva.
3. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. [1.5 puntos] Calcula  $\int \sqrt{3-5x^2} dx$
2. [2 puntos] Estudia si la matriz que sigue es diagonalizable o no. Caso de ser diagonalizable da una matriz diagonal y una matriz de paso y escribe la relación entre todas ellas.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 2 & 1 \\ -1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

3. [1.5 puntos] Calcula el desarrollo de Taylor de orden 4 de la función  $f(x) = \sqrt[3]{1+x}$ . Aproxima el valor de  $f(x) = \sqrt[3]{1.02}$  utilizando un desarrollo de Taylor de  $f(x)$  que nos permita asegurar que el error cometido es menor que 0.01.

## SEGUNDO PARCIAL DE MATEMÁTICAS. GRADO DE RECURSOS

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación obtenida											

### Observaciones

1. No se puede salir al aseo.
2. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
3. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
4. Sólo puedes tener sobre la mesa bolígrafo, calculadora y DNI o pasaporte.
5. Tienes que firmar el examen.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. Describe el siguiente conjunto en coordenadas polares

$$\Omega = \{(x, y) : x^2 + (y + 1)^2 < 1^2\}$$

(1 punto).

2. Sean  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y  $g : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$  definidas por

$$f(x, y) = (1x^2 + 2y^2, 2x^2 + 1y^2, 2x^3y^3) \quad g(x, y, z) = z^1 + 2zy.$$

Calcula el plano tangente a la superficie  $z = g \circ f(z, y)$  en el punto  $(1, 1, g \circ f(1, 1))$  (2 puntos).

3. Calcula, usando un cambio de coordenadas adecuado, la integral doble  $\iint_{\Omega} (2x + y) \cos(x - 2y) dx dy$  donde  $\Omega$  es el recinto limitado por  $2x + y = 1$  y los ejes de coordenadas (2 puntos).

**Firma del alumno:**

**FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS, ITM**  
**Exámen Final, Primera parte**  
**17 de Junio de 2011, 10,00h-13,00h**

**Nombre y apellidos:**

**Fila y columna:**

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir porque los exámenes son diferentes.
2. Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en una cara nueva.
3. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. [1 punto] Calcula  $\int \frac{1}{1-4x^2} dx$
2. [1 punto] Recordamos que el conjunto  $M_{2 \times 2}(\mathbb{R})$ , formado por todas las matrices de tamaño  $2 \times 2$  sobre los números reales, es un espacio vectorial de dimensión 4 cuya base canónica es  $\beta_c = \left\{ \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right\}$ . Dada  $A = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$  se pide justificar si el conjunto de matrices  $\beta = \{I_2, A, A^2, A^3\}$  es o no es una base de  $M_{2 \times 2}(\mathbb{R})$ .
3. [1.5 puntos] Estudia si la matriz que sigue es diagonalizable o no. Caso de ser diagonalizable da una matriz diagonal y una matriz de paso y escribe la relación entre todas ellas.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 2 & 1 \\ -1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

4. [1.5 puntos] Calcula el desarrollo de Taylor de orden 4 de la función  $f(x) = 3 \log(1+x)$ . Aproxima el valor de  $f(x) = \log(1.02^3)$  utilizando un desarrollo de Taylor de  $f(x)$  que nos permita asegurar que el error cometido es menor que 0.01.

**Firma del alumno:**

## AMPLIACIÓN DE MATEMÁTICAS. AGRÍCOLAS

<b>Preguntas</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<b>Puntuación obtenida</b>											

### Observaciones

1. Si tienes alguna pregunta sobre los enunciados (no sobre la resolución) puedes levantarte a preguntarle al profesor.
2. Te puedes levantar a coger más folios en blanco cuando los necesites.
3. Tienes que firmar el examen.

**A la hora de entregar los ejercicios resueltos, además de entregar la resolución de todos los ejercicios con las cuentas que hayan sido necesarias, se incluirá una primera página en la que se mostrarán las soluciones de los diversos ejercicios realizados y esta página de enunciados.**

1. En una población de 100000 habitantes se extienden dos rumores, rumor A y rumor B. El rumor A dice que Belén Esteban está embarazada y el rumor B que Eduard Punset recibirá el año que viene el premio Nobel del Química. Es bien conocido que no todos los rumores se propagan a la misma velocidad porque ésta depende del interés del rumor cuando un individuo conoce el mismo. El día 1 de junio de 2011 empieza a circular el rumor A mientras que el rumor B empezó el 1 de mayo, en los días señalados sólo una persona (el difusor del mismo) conocía el rumor.

Ambos rumores se extienden a una velocidad proporcional al número de personas personas que lo conocen en cada momento.

Sabemos que el 5 de junio el rumor A lo conocen 200 y el rumor B 500  
 ¿En qué días alcanzará la difusión los rumores al 90% de la población? ¿Y al 100%?(2.5 puntos) .

*Para simplificar el problema el estudio correcto del rumor A valdrá 2 puntos y el del rumor B valdrá 0.5 puntos*

2. Resuelve el problema de Cauchy:

$$\begin{cases} y'' - 3y' + 2y = 2e^{-1t} \\ y(0) = 3 \\ y'(0) = 4 \end{cases}$$

3. De los siguientes sistemas de ecuaciones diferenciales di cuáles representan sistemas cooperativos, competitivos o Lotka-Volterra. Justifica tu respuesta y di en el caso que corresponda qué población representa a los preredadores y cuál a las presas (1.5 puntos).

$$\text{(a)} \begin{cases} x' = 1x + 2xy - 2x^2 \\ y' = 1y - 3xy - 3y^2 \end{cases} \quad \text{(b)} \begin{cases} x' = 1x + 2xy - 2x^2 \\ y' = 1y + 2xy - 5y^2 \end{cases} \quad \text{(c)} \begin{cases} x' = 1x - 2xy - 2x^2 \\ y' = 1y - 3xy - 1y^2 \end{cases}$$

4. Haz una representación del diagrama de fases del sistema (b) del ejercicio anterior (1 punto).

5. Calcula el número de subintervalos que tenemos que hacer para garantizar que la regla de Simpson compuesta nos dé un error menor que  $10^{-5}$  al aproximar a  $\int_0^5 (e^x + \cos x) dx$  (2.5 puntos).

**Firma del alumno:**



**Ingeniería Técnica de Obras Públicas – Fundamentos Matemáticos**  
**Examen parcial del primer cuatrimestre**  
**19 de enero de 2008, 9h-12h**

Nombre y apellidos:

Modalidad de examen elegido (primer parcial o final):

Preguntas seleccionadas tanto obligatorias como opcionales (no rellenes la puntuación):

<b>P. seleccionadas</b>											
<b>Puntuación</b>											

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir.
2. Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en una cara nueva.
3. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.
4. Rellena la tabla con la modalidad de examen que has elegido y las preguntas seleccionadas. Comprueba que suman 10 puntos. En caso contrario no se te corregirán las que hagan sobrepasar el valor de 10.

Tipo de examen	Preguntas que tienes que responder	
<b>Primer parcial</b>	OBLIGATORIAS	6,9,10,12
	OPCIONALES	elige preguntas entre la 1,2,3,4,5,7 y 8 de forma que sumen 2 puntos
<b>Final</b>	OBLIGATORIAS	9,11,13,14
	OPCIONALES	elige entre responder a la 12 o a la 1, la 6 y la 4

1. Considera el conjunto de vectores  $S = \{v_1 = (1, 2, 3), v_2 = (5, 3, 1)\} \subset \mathbb{Z}_7^3$ . Justifica si  $S$  es linealmente dependiente o independiente (0.5 punto).

**Solución:**

Son linealmente dependientes porque  $5v_1 + 6v_2 = (0, 0, 0)$ .

2. Calcula  $(2 + 2i)^8$  (1 punto).

**Solución:**

El número complejo tiene módulo al cuadrado  $r = \sqrt{8}$  y argumento  $\theta = \frac{\pi}{4}$ . Así que  $(2 + 2i)^8 = r^8(\cos 8\theta + i \sin 8\theta) = 4096(\cos(2\pi) + i \sin(2\pi)) = 4096$ .

3. Demuestra, usando inducción, que  $f^{(n)}(x) = \frac{8^n(-1)^{n+1}(n-1)!}{(1+8x)^n}$  para alguna función  $f(x)$  que debes determinar. Para calcular la función candidata escribe quien es  $f'(x)$  de acuerdo a la fórmula anterior y calcula la primitiva (1.5 puntos).

**Solución:**

Según la fórmula anterior  $f'(x) = \frac{8}{1+8x}$ , por lo que  $f(x) = \log(1 + 8x)$ . Para  $n = 1$  la fórmula del enunciado es evidente que es cierta, supongamos ahora que la fórmula es cierta para un número natural  $n$  y demostrémoslo para  $n + 1$ .

Partiremos de la igualdad  $f^{(n)}(x) = \frac{8^n(-1)^{n+1}(n-1)!}{(1+8x)^n}$  de la que deducimos

$$\begin{aligned}
 f^{(n+1)}(x) &= \frac{-8^n(-1)^{n+1}(n-1)!n8(1+8x)^{(n-1)}}{(1+8x)^{2n}} \\
 &= \frac{8^{n+1}(-1)^{n+2}n!}{(1+8x)^{n+1}},
 \end{aligned}$$

lo que demuestra que la fórmula es cierta para  $n + 1$  y aplicando el principio de inducción para

- b) Si  $k = 15$  y  $f^{(15+1)}(c) = -16$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).
- c) Si  $k = 15$  y  $f^{(15+1)}(c) = 15$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).
- d) Si  $k = 16$  y  $f^{(16+1)}(c) = 8$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).

**Solución:**

- a)  $c$  es un punto de inflexión.  
 b)  $c$  es un máximo relativo.  
 c)  $c$  es un mínimo relativo.  
 d)  $c$  es un punto de inflexión.

6. Calcula  $\int \frac{1}{1+81x^2} dx$  (1 punto).

**Solución:**

$$\int \frac{1}{1+81x^2} dx = \int \frac{1}{1+(9x)^2} dx = \frac{1}{9} \arctan(9x)$$

7. Plantea la descomposición en fracciones simples (sin calcular las constantes) de la fracción racional  $F(x) = \frac{13x^3+81x+3}{(x^2+13)^3(x^2+81)^2(x+2)^3}$  (1 punto).

**Solución:**

$$F(x) = \frac{Ax+B}{x^2+13} + \frac{Cx+D}{(x^2+13)^2} + \frac{Ex+F}{(x^2+13)^3} + \frac{Gx+H}{x^2+81} + \frac{Hx+I}{(x^2+81)^2} + \frac{J}{x+2} + \frac{K}{(x+2)^2} + \frac{L}{(x+2)^3}$$

8. ¿Qué grado tiene el polinomio del denominador de la anterior fracción? (0,5 puntos).

**Solución:**

13.

9. En este ejercicio consideraremos las bases canónicas de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\beta_c^4$ , y de  $\mathbb{R}^2$ ,  $\beta_c^2$ . Se utilizarán las bases:

$$\beta_1 = \{(3, 4), (1, 0)\}, \quad \beta_2 = \{(1, 0, 0, 0), (3, 1, 0, 0), (2, 0, 1, 0), (3, 4, 0, 1)\}$$

y la aplicación lineal  $f: \mathbb{R}^{8l} \rightarrow \mathbb{R}^{5k}$  definida por:

$$M_{\beta_2 \beta_1}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Responde a los siguientes apartados:

- a) Dar los valores de  $l$  y de  $k$  (0.5 puntos).

**Solución:**

$l = \frac{4}{8}$  y  $k = \frac{2}{5}$  (se deben simplificar estas fracciones si es posible).

- b) Estudia si el conjunto de vectores  $\{(3, 4)_{\beta_1}, (13, 12)\}$  es linealmente dependiente o independiente (0.5 puntos).

**Solución:**

Expresamos los vectores en una base común:  $(3, 4)_{\beta_1} = 3(3, 4) + 4(1, 0) = (13, 12)$ . Así que:  $\{(13, 12), (13, 12)\}$  y los vectores son linealmente dependientes.

- c) Calcula la matriz  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f)$  (0.5 puntos).

**Solución:**

Usando la relación  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f) = M_{\beta_c^2 \beta_1} M_{\beta_2 \beta_1}(f) M_{\beta_2 \beta_c^4}$  se obtiene:

$$M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f) = \begin{pmatrix} 3 & -8 & -2 & 28 \\ 4 & -12 & -4 & 40 \end{pmatrix}$$

d) Calcula las ecuaciones y una base de  $\text{Ker } f$  respecto de la base  $\beta_2$  (0.5 puntos).

**Solución:**

Un vector  $(x, y, z, t)_{\beta_2}$  pertenece  $\text{Ker } f$  si  $M_{\beta_2\beta_1}(f)(x, y, z, t)^t = \mathbf{0}$ , es decir:

$$\begin{cases} x + z + t = 0 \\ y + z + 2t = 0. \end{cases}$$

Así que  $\dim \text{Ker } f = 4 - 2 = 2$  y una base de  $\text{Ker } f$  es  $\beta_{\text{Ker } f} = \{(0, 1, 1, -1)_{\beta_2}, (1, 0, -2, 1)_{\beta_2}\}$

e) Calcula las ecuaciones y una base de  $\text{Im } f$  respecto de la base  $\beta_c^2$  (0.5 puntos).

**Solución:**

Sabemos que  $\dim \text{Im } f = 4 - \dim \text{Ker } f = 4 - 2 = 2$ , así que  $\text{Im } f = \mathbb{R}^2$ , no podemos dar ecuaciones y una base sería por ejemplo la base canónica de  $\mathbb{R}^2$ .

10. Estudia si es diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 5 & -2 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 1 & -1 & 3 \end{pmatrix}$ . En caso de que lo sea se pide calcular la matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (2.5 puntos).

**Solución:**

El polinomio característico de esta matriz es  $p_A(x) = |A - xI_3| = -(x - 3)^2(x - 4)$ , por lo que  $\sigma_A(x) = \{3, 4\}$ ,  $m(3) = 2$  y  $m(4) = 1$  (los cálculos hay que hacerlos detenidamente).

Lo siguiente que se hace es comprobar que  $\dim V_3 = m(3) = 2$ , por otro lado sin necesidad de comprobarlo sabemos que  $\dim V_4 = m(4) = 1$ . Estos dos hechos implican que la matriz  $A$  es diagonalizable.

Ahora se calculan bases de  $V_4$  y de  $V_3$ :

$$\beta_3 = \{(1, 1, 1), (1, 1, 0)\}, \quad \beta_4 = \{(2, 1, 1)\}.$$

Finalmente tenemos

$$D = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad P = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

11. Una matriz  $A \in M_{n \times n}(\mathbb{R})$  tiene como polinomio característico a  $p_A(x) = x^2 + x + 8$  ¿Qué tamaño tiene la matriz  $A$ ? ¿Es diagonalizable? (0.5 puntos).

**Solución:**

La matriz tiene tamaño  $2 \times 2$  y no puede ser diagonalizable porque el polinomio característico tiene raíces complejas, en concreto  $\frac{-1 \pm \sqrt{-31}}{2}$ .

12. Calcula el límite

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\arctan^2(3x)^2 - (3x)^4}{\log(1 + 2x^4) - 2x^4} \quad (2 \text{ puntos}).$$

**Solución:**

Haremos desarrollos de orden 8:

$$\arctan x = x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^7}{7} + o(x^8)$$

$$\arctan(3x)^2 = 9x^2 - \frac{729x^6}{3} + o(x^8)$$

$$\arctan^2(9x)^2 = 9x^4 - \frac{486x^6}{3} + o(x^8)$$

13. Dadas las funciones  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y  $g : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$  definidas por  $f(x, y) = (xe^{x+y}, x + y, e^y)$  y  $g(x, y, z) = (x \cos(y + z), (x + y) \cos z)$ , se pide:

b) Calcula  $J(f \circ f)(0, 0)$  si es posible. Si no lo fuera di por qué *(0.75 puntos)*.

c) ¿Es localmente invertible la función  $g \circ f$  localmente en torno al punto  $(0, 0)$ ? En caso de que lo sea calcula  $J(g \circ f)^{-1}(g \circ f(0, 0))$  *(1 punto)*.

14. Calcula el volumen del sólido

$$\Omega = \{(x, y, z) : 25 < x^2 + y^2 + z^2 < 49, z < 0, x < 0\} \quad (2.5 \text{ puntos})$$

**ITOP– Fundamentos Matemáticos**  
**29 de junio de 2009, 9h-12h**

---

**Observaciones**

1. Es necesario que pongas los razonamientos que conducen al resultado final de los ejercicios. Sin éstos no se pueden puntuar los ejercicios.
  2. En la revisión de los exámenes sólo se atiende cuestiones relativas a la materia que se evalúa.
  3. No se guardan parciales aprobados para septiembre.
  4. Es necesario obtener, como mínimo, el 35 % de la puntuación de cada parte para poder hacer media.
- 

**Nombre y apellidos del alumno:**

**Fila y columna en la que se encuentra sentado:** F \_\_\_\_\_, C \_\_\_\_\_.

Preguntas	1	2	3	Total
Puntuación				

---

En este examen consideramos los vectores de  $\mathbb{R}^4$  que siguen:

$$u_1 = (1, 2, 1, 8), \quad u_2 = (1, 1, 1, 0), \quad u_3 = (1, 1, 0, 0), \quad u_4 = (1, 0, 0, 0).$$

1. Sea la base  $\beta' = \{u_3, u_4, u_1, u_2 + 9u_3\}$  y una base de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\beta_1 = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ , de la que conocemos que

$$M_{\beta'\beta_1} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \text{ Da las coordenadas de los vectores de } \beta_1 \text{ respecto de la base canónica } \beta_c^4 \text{ (1 punto).}$$

**Solución:**

Usando la información que nos da la matriz asociada tenemos:

$$\begin{aligned} v_1 &= (1 + 9)u_3 + u_4 + u_1 + u_2 = (13, 13, 2, 8) \\ v_2 &= u_3 + u_4 + u_1 = (3, 3, 1, 8) \\ v_3 &= u_3 + u_4 = (2, 1, 0, 0) \\ v_4 &= (1, 1, 0, 0) \end{aligned}$$

2. En este ejercicio usaremos la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y la base  $\beta'$  dada en el primer ejercicio. La aplicación  $f$  viene determinada por las siguientes relaciones  $f(u_1) = (1, 2, 3)$ ,  $f(u_2) = (1, 1, 1)$ ,  $f(u_3) = (0, 1, 2)$ ,  $f(u_4) = (0, 0, 0)$ . Responde a las siguientes cuestiones.

- a) Calcula  $M_{\beta'\beta_c^3}(f)$  (0,5 puntos).

**Solución:**

$$M_{\beta'\beta_c^3}(f) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 & 10 \\ 2 & 0 & 3 & 19 \end{pmatrix}$$

- b) Calcula las ecuaciones de  $\text{Ker}(f)$  respecto de la base  $\beta'$  (1 punto).

**Solución:**

Usando la matriz del apartado anterior las ecuaciones son:

$$\{(x, y, z, t)_{\beta'} : z + t = x + 2z + 10t = 0\}.$$

- c) Calcula una base de  $\text{Ker } f$  expresando las coordenadas de los vectores que aparezcan en ella respecto de la base  $\beta'$  (0,5 puntos).

**Solución:**

$$\beta_{\text{Ker } f} = \{(-8, 0, -1, 1)_{\beta'}, (-8, 1, -1, 1)_{\beta'}\}.$$

3. Justifica si es o no diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 17 & -8 & -8 \\ 8 & 1 & -8 \\ 8 & -8 & 1 \end{pmatrix}$ . En caso afirmativo encuentra una matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (2 puntos).

**Solución:**

El polinomio característico de la matriz  $A$  es  $p_A(x) = (x - 9)^2(x - 1)$ . Como  $m(1) = 1 = \dim V_1$  y se puede comprobar fácilmente que  $m(9) = 2 = \dim V_9$  tenemos que la matriz  $A$  es diagonalizable.

Se puede calcular con facilidad las bases  $\beta_{V_9} = \{(1, 1, 0), (1, 0, 1)\}$  y  $\beta_{V_1} = \{(1, 1, 1)\}$ , así que  $D = \begin{pmatrix} 9 & 0 & 0 \\ 0 & 9 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  y  $P = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ .

**ITM– Fundamentos Matemáticos**  
**17 de enero de 2009, 9.30h-12.30h**

---

**Modalidades de examen**

1. Preguntas que responden los que realizan el **primer parcial** entero: todas.
2. Preguntas que responden los que realizan **una parte del primer parcial**: de la 6 a la 10, ambas inclusive. En este caso la puntuación de las preguntas es doble.
3. Preguntas que responden los que realizan el **examen final**: 4, 5, 7, 8 y 10.

---

**Nombre y apellidos del alumno:**

**Fila y columna en la que se encuentra sentado:** F \_\_\_\_\_, C \_\_\_\_\_.

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial entero, parte del primer parcial o final):

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación											

---

En esta tanda de ejercicios consideramos los vectores de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\mathbb{R}^3$  y  $\mathbb{R}^2$  que siguen:

$$\begin{aligned}u_1 &= (1, 1, 1, 1), \quad u_2 = (1, 1, 1, 0), \quad u_3 = (1, 1, 0, 0), \quad u_4 = (1, 0, 0, 0), \\v_1 &= (1, 0, 0), \quad v_2 = (1, 1, 0), \quad v_3 = (0, 0, 1), \quad v_4 = (1, 1, 1), \quad v_5 = (1, 2, 1), \\w_1 &= (1, 1), \quad w_2 = (1, 0), \quad w_3 = (0, 1).\end{aligned}$$

Y definiremos los conjuntos

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \{v_1, v_2, v_3\}, \quad \beta_2 = \{v_3, v_4, v_5\}, \quad \beta_3 = \{w_1, w_2\}, \\ \beta_4 &= \{w_1, w_3\}, \quad \beta_5 = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}, \quad \beta_6 = \{u_3, u_4, u_1, u_2 + 2u_3\}.\end{aligned}$$

1. Calcula  $\int \frac{1}{x^2+2x+3} dx$  (1 punto).

**Solución:**

$$\begin{aligned}\int \frac{1}{x^2+2x+3} dx &= \int \frac{1}{(x+1)^2+3-1} dx = \frac{1}{2} \int \frac{1}{\left(\frac{x+1}{\sqrt{2}}\right)^2+1} dx \\ &= \frac{\sqrt{2}}{2} \arctan\left(\frac{x+1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \arctan\left(\frac{x+1}{\sqrt{2}}\right).\end{aligned}$$

2. Calcula las matrices de cambio de base  $M_{\beta_6, \beta_5}$  y  $M_{\beta_5, \beta_6}$  (1 punto).

**Solución:**

- Como

$$\begin{aligned}u_3 &= (0, 0, 1, 0)_{\beta_5} \\ u_4 &= (0, 0, 0, 1)_{\beta_5} \\ u_1 &= (1, 0, 0, 0)_{\beta_5} \\ u_2 + 2u_3 &= (0, 1, 2, 0)_{\beta_5}\end{aligned}$$

tenemos que:

$$M_{\beta_5, \beta_6} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

- Como

$$\begin{aligned}u_1 &= (0, 0, 1, 0)_{\beta_6} \\u_2 &= (-2, 0, 0, 1)_{\beta_6} \\u_3 &= (1, 0, 0, 0)_{\beta_6} \\u_4 &= (0, 1, 0, 0)_{\beta_6}\end{aligned}$$

tenemos que:

$$M_{\beta_6\beta_5} = \begin{pmatrix} 0 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

3. Considera el conjunto de vectores  $S = \{(2, 1, 2), (5, 6, 5)\} \subset \mathbb{Z}_7^3$ . Justifica si  $S$  es linealmente dependiente o independiente (1 punto).

**Solución:**

Son linealmente dependientes porque  $(2, 1, 2) + (5, 6, 5) = (0, 0, 0)$ .

4. Calcula las ecuaciones del subespacio  $W = \{(x, y, z, t)_{\beta_6} : 2x + y + z = 0, z + 2y = 0\}$  respecto de la base  $\beta_5$  (1 punto).

**Solución:**

Sea  $(x, y, z, t)_{\beta_5} \in W$ , primero pasamos las coordenadas de este vector a la base  $\beta_6$ . De los siguientes cálculos resultan el cálculo de las citadas coordenadas

$$(x, y, z, t)_{\beta_5} = [M_{\beta_6\beta_5}(x, y, z, t)_{\beta_5}]^t = (-2y + z, t, x, y)_{\beta_6} \in W.$$

Así que las ecuaciones de  $W$  solicitadas son:

$$W = \{(x, y, z, t)_{\beta_5} : -4y + x + 2z + t = 0, x + 2t = 0\}.$$

5. Sea  $T = \{(x, y, z, t) : y + z = 0, 2z = 0\}$ , calcula una base y la dimensión de  $T$  (1 punto).

**Solución:**

Calculamos primero la dimensión de  $T$ :  $\dim T = \dim \mathbb{R}^4 - \text{rg} A_T = 4 - 2 = 2$ . Ahora una base de  $T$  es  $\beta_T = \{(1, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 1)\}$ .

6. Una aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^5$  ¿puede ser un epimorfismo? ¿Por qué? En caso afirmativo pon un ejemplo (1 punto).

**Solución:**

Usamos la relación  $2 = \dim \mathbb{R}^2 = \dim \text{Ker } f + \dim \text{Im } f$ . Si  $f$  fuera un epimorfismo entonces  $\dim \text{Im } f = 5$  y entonces  $2 = \dim \text{Ker } f + 5$ , pero esto no es cierto porque  $\dim \text{Ker } f$  no puede ser negativa. Así que  $f$  no puede ser un epimorfismo.

7. ¿Para qué valores de la constante  $h$  la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  definida por  $M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ h & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$  es inyectiva? (0.5 puntos).

**Solución:**

Para que la aplicación sea inyectiva se tiene que verificar que  $0 = \dim \text{Ker } f = 3 - \dim \text{Im } f = 3 - \text{rg} M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f)$ , es decir  $\text{rg} M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) = 3$ .

El determinante de la matriz  $A = M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f)$  es  $-1 + h$ , así que  $\text{rg} A = 3$ , y por lo tanto  $f$  es inyectiva, si y sólo si  $h \neq 1$ .

8. Toma  $h = 2$  en el ejercicio anterior y calcula una base de  $\text{Ker } f$  y otra de  $\text{Im } f$  (1 punto).

**Solución:**

Usando la resolución del apartado anterior tenemos que  $\text{rg} M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) = 3$  con lo cual  $\dim \text{Im } f = 3$  y  $\dim \text{Ker } f = 0$ . Por lo tanto la base de  $\text{Ker } f$  es  $\beta_{\text{Ker } f} = \emptyset$ . Como base de  $\text{Im } f$  damos la base canónica de  $\mathbb{R}^3$ .



9. Calcula una aproximación de  $\log(1,001)$  usando un desarrollo de orden 3. Estima el error cometido (1 punto).

**Solución:**

Usamos la función  $f(x) = \log x$  y hacemos un desarrollo de orden 3 centrado en el punto  $a = 1$  usando que  $f(1) = 0$ ,  $f'(1) = 1$ ,  $f''(1) = -1$ ,  $f'''(1) = 2$ :

$$p_3(x) = (x-1) - \frac{(x-1)^2}{2} + \frac{(x-1)^3}{3}.$$

Así que la aproximación solicitada es

$$\log(1,0001) = f(1 + 10^{-3}) = 10^{-3} + \frac{10^{-6}}{2} + \frac{10^{-9}}{3} = 0,001000500333.$$

Estimamos ahora el error cometido, como siempre  $\xi \in (1, 1 + 10^{-3})$  y

$$E = |R_4(1 + 10^{-3})| = \left| \frac{f^{(4)}(\xi)}{4!} (10^{-3})^4 \right| = \left| \frac{-6}{\xi^4} \right| \frac{10^{-12}}{4!} = \frac{6}{\xi^4} \frac{10^{-12}}{4!} \leq \frac{6}{1} \frac{10^{-12}}{4!} = \frac{10^{-12}}{4}$$

10. Justifica si es o no diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ . En caso afirmativo encuentra una matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (1.5 puntos).

**Solución:**

El polinomio característico de la matriz  $A$  es  $p_A(x) = (x-2)^2(x-1)$ . Como  $m(1) = 1 = \dim V_1$  y se puede comprobar fácilmente que  $m(2) = 2 = \dim V_2$  tenemos que la matriz  $A$  es diagonalizable.

Se puede calcular con facilidad las bases  $\beta_{V_2} = \{(1, 1, 0), (0, 1, 1)\}$  y  $\beta_{V_1} = \{(0, 0, 1)\}$ , así que  $D =$

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ y } P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

**ITM– Fundamentos Matemáticos**  
**19 de junio de 2009, 9.30h-12.30h**

**Modalidades de examen**

1. Preguntas que responden los que realizan el **examen final** entero: 1, 2, 3.
2. Preguntas que responden los que realizan **sólo el primer parcial**: de la 1 a la 6, ambas inclusive.

**Nombre y apellidos del alumno:**

**Fila y columna en la que se encuentra sentado:** F \_\_\_\_\_, C \_\_\_\_\_.

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial o final):

Preguntas	1	2	3	4	5	6	Total
Puntuación							

En esta tanda de ejercicios consideramos los vectores de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\mathbb{R}^3$  y  $\mathbb{R}^2$  que siguen:

$$\begin{aligned}u_1 &= (1, 1, 1, 1), \quad u_2 = (1, 1, 1, 0), \quad u_3 = (1, 1, 0, 0), \quad u_4 = (1, 0, 0, 0), \\v_1 &= (1, 0, 0), \quad v_2 = (1, 1, 0), \quad v_3 = (0, 0, 1), \quad v_4 = (1, 1, 1), \quad v_5 = (1, 2, 1), \\w_1 &= (1, 1), \quad w_2 = (1, 0), \quad w_3 = (0, 1).\end{aligned}$$

Y definiremos los conjuntos

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \{v_1, v_2, v_3\}, \quad \beta_2 = \{v_3, v_4, v_5\}, \quad \beta_3 = \{w_1, w_2\}, \\ \beta_4 &= \{w_1, w_3\}, \quad \beta_5 = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}, \quad \beta_6 = \{u_3, u_4, u_1, u_2 + 14u_3\}.\end{aligned}$$

1. Calcula una aproximación de  $\log(1,001) + \operatorname{sen}(0,001)$  usando un desarrollo de orden 3. Estima el error cometido (*1,5 puntos*).

**Solución:**

Usamos la función  $f(x) = \log x$  y hacemos un desarrollo de orden 3 centrado en el punto  $a = 1$  usando que  $f(1) = 0$ ,  $f'(1) = 1$ ,  $f''(1) = -1$ ,  $f'''(1) = 2$ :

$$p_3(x) = (x - 1) - \frac{(x - 1)^2}{2} + \frac{(x - 1)^3}{3}.$$

Así que la aproximación solicitada es

$$\log(1,0001) = f(1 + 10^{-3}) = 10^{-3} + \frac{10^{-6}}{2} + \frac{10^{-9}}{3} = 0,001000500333.$$

Estimamos ahora el error cometido, como siempre  $\xi \in (1, 1 + 10^{-3})$  y

$$E = |R_4(1 + 10^{-3})| = \left| \frac{f^{(4)}(\xi)}{4!} (10^{-3})^4 \right| = \left| \frac{-6}{\xi^4} \frac{10^{-12}}{4!} \right| = \frac{6}{\xi^4} \frac{10^{-12}}{4!} \leq \frac{6}{1} \frac{10^{-12}}{4!} = \frac{10^{-12}}{4}$$

2. Justifica si es o no diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 9 & 0 & 0 \\ 0 & 9 & 0 \\ -3 & 3 & 6 \end{pmatrix}$ . En caso afirmativo encuentra una matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (*2 puntos*).

**Solución:**

El polinomio característico de la matriz  $A$  es  $p_A(x) = (x - 9)^2(x - 6)$ . Como  $m(6) = 1 = \dim V_6$  y se puede comprobar fácilmente que  $m(9) = 2 = \dim V_9$  tenemos que la matriz  $A$  es diagonalizable.

Se puede calcular con facilidad las bases  $\beta_{V_9} = \{(1, 1, 0), (0, 1, 1)\}$  y  $\beta_{V_6} = \{(0, 0, 1)\}$ , así que  $D =$

$$\begin{pmatrix} 9 & 0 & 0 \\ 0 & 9 & 0 \\ 0 & 0 & 6 \end{pmatrix} \text{ y } P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

3. Calcula las matrices de cambio de base  $M_{\beta_6\beta_5}$  y  $M_{\beta_5\beta_6}$  (1,5 puntos).

**Solución:**

- Como

$$\begin{aligned}u_3 &= (0, 0, 1, 0)_{\beta_5} \\u_4 &= (0, 0, 0, 1)_{\beta_5} \\u_1 &= (1, 0, 0, 0)_{\beta_5} \\u_2 + 14u_3 &= (0, 1, 14, 0)_{\beta_5}\end{aligned}$$

tenemos que:

$$M_{\beta_5\beta_6} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 14 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

- Como

$$\begin{aligned}u_1 &= (0, 0, 1, 0)_{\beta_6} \\u_2 &= (-14, 0, 0, 1)_{\beta_6} \\u_3 &= (1, 0, 0, 0)_{\beta_6} \\u_4 &= (0, 1, 0, 0)_{\beta_6}\end{aligned}$$

tenemos que:

$$M_{\beta_6\beta_5} = \begin{pmatrix} 0 & -14 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

---

Las siguientes preguntas únicamente las tienen que responder los que se presentan sólo al primer parcial

---

4. Calcula  $\int \frac{1}{x^2+2x+14} dx$  (1,5 puntos).

**Solución:**

$$\begin{aligned}\int \frac{1}{x^2+2x+14} dx &= \int \frac{1}{(x+1)^2+14-1} dx = \frac{1}{13} \int \frac{1}{\left(\frac{x+1}{\sqrt{13}}\right)^2+1} dx \\ &= \frac{\sqrt{13}}{13} \arctan\left(\frac{x+1}{\sqrt{13}}\right) = \frac{1}{\sqrt{13}} \arctan\left(\frac{x+1}{\sqrt{13}}\right).\end{aligned}$$

5. Considera el conjunto de vectores  $S = \{(2, 1, 2), (5, 6, 5)\} \subset \mathbb{Z}_7^3$ . Justifica si  $S$  es linealmente dependiente o independiente (1,5 puntos).

**Solución:**

Son linealmente dependientes porque  $(2, 1, 2) + (5, 6, 5) = (0, 0, 0)$ .

6. Calcula las ecuaciones del subespacio  $W = \{(x, y, z, t)_{\beta_6} : 14x + y + z = 0, z + 2y = 0\}$  respecto de la base  $\beta_5$  (2 puntos).

**Solución:**

Sea  $(x, y, z, t)_{\beta_5} \in W$ , primero pasamos las coordenadas de este vector a la base  $\beta_6$ . De los siguientes cálculos resultan el cálculo de las citadas coordenadas

$$(x, y, z, t)_{\beta_5} = [M_{\beta_6\beta_5}(x, y, z, t)_{\beta_5}]^t = (-14y + z, t, x, y)_{\beta_6} \in W.$$

Así que las ecuaciones de  $W$  solicitadas son:

$$W = \{(x, y, z, t)_{\beta_5} : -196y + x + 14z + t = 0, x + 2t = 0\}.$$



Modalidades de examen

1. Preguntas que responden los que realizan **sólo** el **primer parcial** por tener el segundo aprobado: todas.
2. Preguntas que responden los que realizan el **examen final entero**: 4 y 5.

Observaciones

1. Tienes que entregar esta hoja de examen.
2. Razona los cálculos que haces.
3. No se puede utilizar calculadora programable.
4. Es importante simplificar los cálculos parciales, sobre todo a la hora de calcular el polinomio característico.
5. Si copias tu puntuación será 0.

**Nombre y apellidos del alumno:**

**Modalidad de examen elegido** (final o sólo primer parcial):

Preguntas	1	2	3	4	5	Total
Puntuación						

En estos ejercicios consideramos los vectores de  $\mathbb{R}^4$  que siguen:

$$u_1 = (1, 1, 1, 1), u_2 = (1, 1, 1, 0), u_3 = (1, 1, 0, 0), u_4 = (1, 0, 0, 0),$$

y definiremos los conjuntos

$$\beta_5 = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}, \beta_6 = \{u_3, u_4, u_1, u_2 + 2u_3\}, \beta_7 = \{u_3 + 7u_2, u_4, u_2, u_1\}.$$

1. Calcula las matrices de cambio de base  $M_{\beta_6\beta_5}$  y  $M_{\beta_5\beta_6}$  (2 puntos).
2. Calcula las ecuaciones respecto de la base canónica de  $\mathbb{R}^4$  del subespacio  $S = \langle u_1, 2u_1 + 3u_2 \rangle$ . Da una base de  $S$ . (2 puntos).
3. Calcula el área de la superficie de una esfera de radio  $R = 2$  (1 punto).
4. Calcula una aproximación de  $\sin(0,001)$  usando un desarrollo de orden 3. Estima el error cometido (2 puntos).
5. Justifica si es o no diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$ . En caso afirmativo encuentra una matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (3 puntos).

**ITA– Fundamentos Matemáticos**  
**21 de enero de 2009, 9.30h-12.30h**

---

**Modalidades de examen**

1. Preguntas que responden los que realizan el **primer parcial** entero: todas.
  2. Preguntas que responden los que realizan **una parte del primer parcial**: de la 6 a la 10, ambas inclusive. En este caso la puntuación de las preguntas es doble.
  3. Preguntas que responden los que realizan el **examen final**: 4, 5, 7, 8 y 10.
- 

**Nombre y apellidos del alumno:**

**Fila y columna en la que se encuentra sentado:** F \_\_\_\_\_, C \_\_\_\_\_.

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial entero, parte del primer parcial o final):

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación											

---

En esta tanda de ejercicios consideramos los vectores de  $\mathbb{R}^4$  que siguen:

$$u_1 = (1, 1, 1, 1), u_2 = (1, 1, 1, 0), u_3 = (1, 1, 0, 0), u_4 = (1, 0, 0, 0),$$

y definiremos los conjuntos

$$\beta_5 = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}, \beta_6 = \{u_3, u_4, u_1, u_2 + 2u_3\}, \beta_7 = \{u_3 + 7u_2, u_4, u_2, u_1\}.$$

1. Demuestra, usando inducción, que  $1 + 7 + 7^2 + 7^3 + \dots + 7^n = \frac{1-7^{n+1}}{1-7}$  para cualquier número natural  $n$  (3 puntos).

**Solución:**

Para  $n = 1$  la fórmula nos dice que  $1 + 7 = \frac{(1+7)(1-7)}{1-7} = \frac{1-7^2}{1-7}$ , luego es cierta.

Ahora suponemos que la fórmula es cierta para un número natural  $n$  (hipótesis de inducción) y la probamos para el número  $n + 1$ .

$$\begin{aligned} 1 + 7 + 7^2 + 7^3 + \dots + 7^n + 7^{n+1} &= \frac{1 - 7^{n+1}}{1 - 7} + 7^{n+1} \\ &= \frac{1 - 7^{n+1}}{1 - 7} + \frac{7^{n+1} - 7^{n+2}}{1 - 7} = \frac{1 - 7^{n+2}}{1 - 7} \end{aligned}$$

Así que la fórmula se satisface para el número  $n + 1$  y por lo tanto por el principio de inducción para cualquier número natural.

2. Calcula  $\int \frac{\log^4 x}{x} dx$  (1 punto).

**Solución:**

Haciendo el cambio de variable  $t = \log x$  tenemos que  $dt = \frac{dx}{x}$  y

$$\int \frac{\log^4 x}{x} dx = \int t^4 dt = \frac{t^5}{5} + K = \frac{\log^5 x}{5} + K$$

3. Calcula las matrices de cambio de base  $M_{\beta_6\beta_5}$  y  $M_{\beta_5\beta_6}$  (1 punto).

**Solución:**

- Como

$$\begin{aligned}u_3 &= (0, 0, 1, 0)_{\beta_5} \\u_4 &= (0, 0, 0, 1)_{\beta_5} \\u_1 &= (1, 0, 0, 0)_{\beta_5} \\u_2 + 2u_3 &= (0, 1, 2, 0)_{\beta_5}\end{aligned}$$

tenemos que:

$$M_{\beta_5\beta_6} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

- Como

$$\begin{aligned}u_1 &= (0, 0, 1, 0)_{\beta_6} \\u_2 &= (-2, 0, 0, 1)_{\beta_6} \\u_3 &= (1, 0, 0, 0)_{\beta_6} \\u_4 &= (0, 1, 0, 0)_{\beta_6}\end{aligned}$$

tenemos que:

$$M_{\beta_6\beta_5} = \begin{pmatrix} 0 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

4. Calcula las ecuaciones del subespacio  $W = \{(x, y, z, t)_{\beta_6} : 2x + y + z = 0, z + 2y = 0\}$  respecto de la base  $\beta_5$  (1 punto).

**Solución:**

Sea  $(x, y, z, t)_{\beta_5} \in W$ , primero pasamos las coordenadas de este vector a la base  $\beta_6$ . De los siguientes cálculos resultan el cálculo de las citadas coordenadas

$$(x, y, z, t)_{\beta_5} = [M_{\beta_6\beta_5}(x, y, z, t)_{\beta_5}]_{\beta_6}^t = (-2y + z, t, x, y)_{\beta_6} \in W.$$

Así que las ecuaciones de  $W$  solicitadas son:

$$W = \{(x, y, z, t)_{\beta_5} : -4y + x + t + 2z = 0, x + 2t = 0\}.$$

5. Calcula las ecuaciones respecto de la base canónica de  $\mathbb{R}^4$  del subespacio  $S = \langle u_1, 2u_1 + 3u_2 \rangle$ . Da una base de  $S$  expresando sus vectores en coordenadas respecto a la base  $\beta_7$ . (1 punto).

**Solución:**

Sea  $(x, y, z, t) \in S$ , entonces

$$\begin{aligned}(x, y, z, t) &= \alpha u_1 + \beta(2u_1 + 3u_2) = (\alpha + 2\beta)u_1 + 3\beta u_2 = (\alpha + 5\beta, \alpha + 5\beta, \alpha + 5\beta, \alpha + 3\beta) \\ &\Rightarrow x = y = z = \alpha + 3\beta; t = \alpha + 3\beta\end{aligned}$$

Como sólo necesitamos  $\dim \mathbb{R}^4 - \dim S = 2$  ecuaciones, basta con eliminar los parámetros y obtener:

$$S = \{(x, y, z, t) : x - y = 0, x - z = 0\}.$$

Ahora damos la base de  $S$ :

$$\beta_S = \{u_1, 2u_1 + 3u_2\} = \{(0, 0, 0, 1)_{\beta_7}, (0, 0, 3, 2)_{\beta_7}\}.$$

6. Una aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  es monomorfismo ¿Puede ocurrir que no sea un isomorfismo? ¿Por qué? En caso afirmativo pon un ejemplo (1 punto).

**Solución:**

Usamos la relación  $2 = \dim \mathbb{R}^2 = \dim \text{Ker } f + \dim \text{Im } f$ . Como  $f$  es un monomorfismo entonces  $\dim \text{Ker } f = 0$  y entonces  $2 = 0 + \dim \text{Im } f$ , por lo tanto  $\dim \text{Im } f = 2$  y  $f$  es suprayectiva. Así que  $f$  es biyectiva y por lo tanto un isomorfismo.

7. ¿Para qué valores de la constante  $h$  la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  definida por  $M_{\beta_e \beta_e}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ h & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$  es suprayectiva? (0.5 puntos).

**Solución:**

Para que la aplicación sea suprayectiva se tiene que verificar que  $3 = \dim \text{Im} f = \text{rg} M_{\beta_e \beta_e}(f)$ .

El determinante de la matriz  $A = M_{\beta_e \beta_e}(f)$  es  $-1+h$ , así que  $\text{rg} A = 3$ , y por lo tanto  $f$  es suprayectiva, si y sólo si  $h \neq 1$ .

8. Calcula el área de la superficie de una esfera de radio  $R = 2$ .

**Solución:**

Usaremos la fórmula  $A = 2\pi \int_{-R}^R f(x) \sqrt{1 + f'(x)^2} dx$ , donde  $f(x)$  es función cuya gráfica es una semicircunferencia de radio  $R$ , es decir  $f(x) = \sqrt{R^2 - x^2}$ ,  $f'(x) = \frac{-x}{\sqrt{R^2 - x^2}}$ . Así que:

$$\begin{aligned} A &= 2\pi \int_{-R}^R f(x) \sqrt{1 + f'(x)^2} dx = 2\pi \int_{-R}^R \sqrt{R^2 - x^2} \sqrt{1 + \frac{x^2}{R^2 - x^2}} dx \\ &= 2\pi \int_{-R}^R \sqrt{R^2 - x^2 + x^2} dx = 2\pi \int_{-R}^R R dx = \int_{-R}^R R dx = 4\pi R^2 = 16\pi \end{aligned}$$

9. Calcula una aproximación de  $\log(1,001)$  usando un desarrollo de orden 3. Estima el error cometido (1 punto).

**Solución:**

Usamos la función  $f(x) = \log x$  y hacemos un desarrollo de orden 3 centrado en el punto  $a = 1$  usando que  $f(1) = 0$ ,  $f'(1) = 1$ ,  $f''(1) = -1$ ,  $f'''(1) = 2$ :

$$p_3(x) = (x - 1) - \frac{(x - 1)^2}{2} + \frac{(x - 1)^3}{3}.$$

Así que la aproximación solicitada es

$$\log(1,0001) = f(1 + 10^{-3}) = 10^{-3} + \frac{10^{-6}}{2} + \frac{10^{-9}}{3} = 0,001000500333.$$

Estimamos ahora el error cometido, como siempre  $\xi \in (1, 1 + 10^{-3})$  y

$$E = |R_4(1 + 10^{-3})| = \left| \frac{f^{(4)}(\xi)}{4!} (10^{-3})^4 \right| = \left| \frac{-6}{\xi^4} \frac{10^{-12}}{4!} \right| = \frac{6}{\xi^4} \frac{10^{-12}}{4!} \leq \frac{6}{1} \frac{10^{-12}}{4!} = \frac{10^{-12}}{4}$$

10. Justifica si es o no diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ . En caso afirmativo encuentra una matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (1.5 puntos).

**Solución:**

El polinomio característico de la matriz  $A$  es  $p_A(x) = (x - 2)^2(x - 1)$ . Como  $m(1) = 1 = \dim V_1$  y se puede comprobar fácilmente que  $m(2) = 2 = \dim V_2$  tenemos que la matriz  $A$  es diagonalizable.

Se puede calcular con facilidad las bases  $\beta_{V_2} = \{(1, 1, 0), (0, 1, 1)\}$  y  $\beta_{V_1} = \{(0, 0, 1)\}$ , así que  $D =$

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ y } P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$



**Observaciones**

1. Tienes que entregar esta hoja de examen.
2. Razona los cálculos que haces.
3. No se puede utilizar calculadora programable.
4. Es importante simplificar los cálculos parciales, sobre todo a la hora de calcular el polinomio característico.
5. Si copias tu puntuación será 0.
6. No mezcles en un mismo folio preguntas de parciales diferentes.

Nombre y apellidos del alumno:

**Preguntas relativas al primer parcial**

1. Calcula una aproximación de  $e^{0,001} + \cos(0,001)$  usando un desarrollo de orden 3. Estima el error cometido (2 puntos).
2. Justifica si es o no diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$ . En caso afirmativo encuentra una matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (3 puntos).

**Preguntas relativas al segundo parcial**

- T1** Define límite de una función de varias variables  $f : A \subset \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  en un punto  $a \in A$  (0.5 puntos).
- T2** ¿Cómo se calculan mediante integrales la masa y centros de masas de un conjunto  $B \subset \mathbb{R}^2$  con función de densidad  $\rho(x, y)$ ? (0.5 puntos).
- P1** Encuentra la masa total y el centro de masa de la lámina pesada del primer cuadrante limitada por la parábola  $y = x^2$  y la recta  $y = 1$  y con función de densidad  $\rho(x, y) = xy$  (1.5 puntos).
- P2** Estudia la continuidad de la siguiente función (1 punto):

$$f(x, y) = \begin{cases} \frac{x^2 y^2 \operatorname{sen}\left(\frac{1}{x^2 + y^2}\right)}{x^2 + y^2} & \text{si } (x, y) \neq (0, 0). \\ 0 & \text{si } (x, y) = (0, 0). \end{cases}$$

- P3** De entre todos los puntos pertenecientes a la intersección del plano  $x + y + z = 1$  y el cilindro macizo  $x^2 + y^2 \leq 1$ , se pide determinar cuáles se encuentran a mayor y menor distancia del origen, así como dichas distancias (1.5 puntos).

**Nota:** Al realizar cada paso en cada ejercicio, indíquese qué es lo que se está haciendo.





*ITA--Fundamentos Matemáticos*  
*Examen final*  
*3 de septiembre de 2009, de 9,30 a 12,30*

---

**Observaciones**

1. Tienes que entregar esta hoja de examen.
  2. Razona los cálculos que haces.
  3. No se puede utilizar calculadora programable.
  4. Es importante simplificar los cálculos parciales, sobre todo a la hora de calcular el polinomio característico.
  5. Si copias tu puntuación será 0.
  6. No mezcles en un mismo folio preguntas de parciales diferentes.
- 

**Nombre y apellidos del alumno:**

<b>Preguntas</b>	1	2	<b>Total</b>
<b>Puntuación</b>			

---

1. Calcula una aproximación de  $\sin(0,001) + \cos(0,001)$  usando un desarrollo de orden 3. Estima el error cometido (*2 puntos*).
2. Justifica si es o no diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 5 & -2 & -2 \\ 2 & 1 & -2 \\ 2 & -2 & 1 \end{pmatrix}$ . En caso afirmativo encuentra una matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (*3 puntos*).

**Observaciones**

1. Tienes que entregar esta hoja de examen.
2. No se puede utilizar calculadora programable.
3. Es importante simplificar los cálculos parciales, sobre todo a la hora de calcular el polinomio característico.
4. Si copias tu puntuación será 0.
5. No mezcles en un mismo folio preguntas de parciales diferentes.
6. Al realizar cada paso en cada ejercicio, indíquese qué es lo que se está haciendo.

**Nombre y apellidos del alumno:****Preguntas relativas al primer parcial**

Dada la matriz  $A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$  se pide responder a las siguientes preguntas:

1. Calcula el polinomio característico de  $A$  y sus raíces dando las multiplicidades (1 punto).
2. Calcula una base del espacio vectorial  $S = \{(x, y, z) : (A - 2I_3)(x, y, z)^t = (0, 0, 0)^t\}$  (1 punto).
3. Calcula una base del espacio vectorial  $T = \{(x, y, z) : (A - 1I_3)(x, y, z)^t = (0, 0, 0)^t\}$ . (0,5 puntos).
4. Justifica si la matriz  $A$  es diagonalizable y caso de serlo da la matriz diagonal y de paso (1 punto).
5. Sean las bases  $\beta = \{(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 0)\}$  y  $\beta' = \{v_1, v_2, v_3\}$ . Se sabe que  $M_{\beta\beta'} = A$  y se pide que des las coordenadas de los vectores de  $\beta'$  respecto de la base canónica (1,5 puntos).

**Preguntas relativas al segundo parcial**

**T1** Da la definición de puntos críticos y extremos relativos de una aplicación diferenciable  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ . ¿Qué relación hay entre ambos conceptos? (1 punto).

**P1** Sea  $D$  la región delimitada por el interior del cilindro  $x^2 + y^2 = 1$ , la parte superior del plano  $z = 0$  y el cono  $z^2 = 4x^2 + 4y^2$ , calcular (1.5 puntos):

$$\int_D x^2.$$

**P2** Estudia la continuidad de la siguiente función (1 punto):

$$f(x, y) = \begin{cases} \frac{x^2 y^2 \operatorname{sen} 2x}{x^2 + y^2} & \text{si } (x, y) \neq (0, 0). \\ 1 & \text{si } (x, y) = (0, 0). \end{cases}$$

**P3** Calcular la distancia máxima y mínima del origen a la siguiente elipse (1.5 puntos):

$$5x^2 + 6xy + 5y^2 = 8.$$

Exámenes de Fundamentos matemáticos.  
Escuela de Ingeniería Técnica Civil.  
Ingeniería técnica de minas y obras públicas.

Gabriel Soler López

17 de julio de 2001



# Índice General

<b>1</b>	<b>Curso 1999/2000. Ingeniería técnica de minas.</b>	<b>5</b>
1.1	Primer parcial. . . . .	5
1.1.1	Opción A. 16 de Febrero de 2000. . . . .	5
1.1.2	Opción B. 16 de Febrero de 2000. . . . .	6
1.2	Segundo examen parcial. 8 de Junio de 2000. . . . .	8
1.3	Examen Final de Junio. 30 de junio de 2000. . . . .	9
1.4	Examen Final de Junio. 7 de septiembre de 2000. . . . .	12
1.5	Examen de Diciembre. 13 de diciembre de 2000. . . . .	15
<b>2</b>	<b>Curso 2000/2001. Ingeniería técnica de obras públicas.</b>	<b>19</b>
2.1	Primer parcial. . . . .	19
<b>3</b>	<b>Curso 2000/2001. Ingeniería técnica de minas.</b>	<b>23</b>
3.1	Primer parcial. . . . .	23



# Capítulo 1

---

## Curso 1999/2000. Ingeniería técnica de minas.

---

### 1.1 Primer parcial.

#### 1.1.1 Opción A. 16 de Febrero de 2000.

**Ejercicio 1 (2 puntos).** *Contestar razonadamente a las siguientes cuestiones:*

1. *Sea  $A$  una matriz que cumple  $A^{-1} = A^t$ . Calcular  $|A|$ .*
2. *“Todo sistema lineal con más ecuaciones que incógnitas tiene siempre solución?”*
3. *Definición de sucesión de Cauchy.*
4. *“Si  $\lim_{n \rightarrow +\infty} a_n = 0$  entonces  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1}{a_n} = +\infty$ ?”*
5. *Enuncia el criterio de Stolz.*

*Nota: las cuestiones que tengan respuesta afirmativa hay que demostrarlas y las que no hay que dar contraejemplo.*

**Ejercicio 2 (2 puntos).** *Discutir el siguiente sistema dependiendo de los valores de  $\alpha$  y  $\beta$ :*

$$\begin{aligned}\alpha x + \beta y + z &= 1 \\ x + \alpha \beta y + z &= \beta \\ x + \beta y + \alpha z &= 1\end{aligned}$$

**Ejercicio 3 (2 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal definida por  $f(x, y, z) = (x + y + z, x + y - z, z)$ . Se pide:

(a) Matriz de  $f$  respecto a la base canónica de  $\mathbb{R}^3$

$$C = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)\}.$$

(b) Hallar las ecuaciones y una base de  $\text{Ker}(f)$  e  $\text{Im}(f)$ .

(c) Decir si la aplicación lineal  $f$  es monomorfismo, epimorfismo o isomorfismo.

(d) Matriz asociada a  $f$  respecto de la base

$$B = \{(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 0)\}.$$

**Ejercicio 4 (2 puntos).** 1. (1'25 puntos) Estudiar si es diagonalizable o no la matriz que damos a continuación. En caso de que lo sea, dar la forma diagonal y la matriz de paso  $T$ .

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

2. (0'75 puntos) Calcular la inversa de la matriz

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 5 (2 puntos).** Calcular los siguientes límites:

1.  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{3+6+\dots+3n}{n^2}$

2.  $\lim_{n \rightarrow +\infty} n - \sqrt[3]{1+n^3}$

### 1.1.2 Opción B. 16 de Febrero de 2000.

**Ejercicio 6 (2 puntos).** Contestar razonadamente a las siguientes cuestiones:

1. Sean  $A$  y  $B$  dos matrices cuadradas de tamaño  $n \times n$  tales que ninguna de ellas es la matriz nula. Demostrar que si  $AB = 0$  entonces ni  $A$  ni  $B$  tienen inversa.

2. Sea  $V$  un espacio vectorial sobre  $\mathbb{R}$  y  $f : V \rightarrow V$  una aplicación lineal. Sean  $\lambda$  y  $\mu$  dos valores propios reales de  $f$ . ¿Se cumple que  $\lambda + \mu$  es un valor propio de  $f$ ?

3. Definir dimensión de un espacio vectorial.



4. Definición de sucesión convergente.

5. "Es cierto que  $|2A| = 2|A|$ ?"

*Nota: las cuestiones que tengan respuesta afirmativa hay que demostrarlas y las que no hay que dar contraejemplo.*

**Ejercicio 7 (2 puntos).** *Discutir el siguiente sistema dependiendo de los valores de  $\alpha$  y  $\beta$ :*

$$\begin{aligned}3x + 3y + 5z + 4u &= 9 \\ y - \alpha z + 3u &= 2 \\ 2x - y + 3z + u &= \beta \\ x + 3y + 2z + \alpha u &= 6\end{aligned}$$

**Ejercicio 8 (2 puntos).** *Sea  $f : \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^2$  la aplicación cuya matriz asociada en las bases canónicas es:*

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

*Calcula:*

1. La expresión analítica de  $f$  en la base canónica.
2. Ecuaciones y bases de  $\text{Ker}(f)$  e  $\text{Im}(f)$ .
3. La matriz de  $f$  respecto de las bases

$$\beta_1 = \{(1, 1, 1, 0), (1, 1, 0, 0), (1, 0, 0, 0), (1, 1, 1, 1)\}$$

y

$$\beta_2 = \{(1, 1), (0, 2)\}$$

4. rango de  $f$ .

**Ejercicio 9.** 1. (1'5 puntos) *Estudiar si es diagonalizable o no la matriz que damos a continuación en función del parámetro  $\alpha$ . En caso de que lo sea, dar la forma diagonal y la matriz de paso  $T$ .*

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 4 \\ 0 & 0 & -3 \end{pmatrix}$$

2. (0'5 puntos) *Calcular la inversa de la matriz*

$$\begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 5 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 10 (2 puntos).** *Calcular los siguientes límites:*

1.  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1+3+3^2+\dots+3^n}{1+5+5^2+\dots+5^n}$

2.  $\lim_{n \rightarrow +\infty} (\sqrt{n+1} - \sqrt{n}) \sqrt{\frac{n+1}{2}}$

## 1.2 Segundo examen parcial. 8 de Junio de 2000.

**Ejercicio 11 (2 puntos).** 1. Enunciar el criterio de Abel.

2. Dar el enunciado de la regla de Barrow.

3. Definición de norma en  $\mathbb{R}^n$  y dar un ejemplo.

4. Si  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} f(x,y) = l$  entonces  
¿Existe  $l_{12} = \lim_{y \rightarrow 0} \lim_{x \rightarrow 0} f(x,y)$ ? ¿Cuánto vale?

5. Regla del cambio de variable en la integral doble.

**Ejercicio 12 (2 puntos).** 1. (0.5 puntos) Demostrar si la serie  $\sum_{n=2}^{+\infty} \frac{1}{n(n-1)}$  es convergente. Calcular su suma si lo es.

2. (0.5 puntos) Dada la función  $f(x) = \int_x^1 \log(t) dt$  calcular  $f'(x)$

3. (1 punto) Calcular el polinomio de Taylor de grado 2 en  $x = 0$  de la función  $f(x) = \int_0^x te^{-t} dt$  y calcular el valor aproximado de  $\int_0^{0.1} te^{-t} dt$ . Estimar el error cometido en la aproximación con el resto de Lagrange.

**Ejercicio 13 (2 puntos).** 1. Estudiar el carácter de convergencia de la integral de primera y segunda especie

$$\int_0^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{x}(e^x + 7)} dx$$

2. Calcular  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{\log(1+x^2+y^2)}{x^4+2x^2y^2+y^4}$

**Ejercicio 14 (2 puntos).** Comprobar que la ecuación  $xye^z + z \cos(x^2 + y^2) = 0$  define a  $z$  como función implícita de  $(x, y)$  en el punto  $(x, y, z) = (0, 0, 0)$  y calcular sus dos derivadas parciales.

**Ejercicio 15 (2 puntos).** Calcular la integral  $\iint_{\Omega} (x+y) dx dy$  siendo  $\Omega = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : -1 < x < 1, x^4 < y < x^3\}$

*El olvido de las matemáticas perjudica a todo el conocimiento, ya que el que las ignora no puede conocer las otras ciencias ni las cosas de este mundo. (Roger Bacon)*

## 1.3 Examen Final de Junio. 30 de junio de 2000.

### Parte de Álgebra

**Ejercicio 16 (1 punto).** *Contestar razonadamente a las siguientes cuestiones:*

1. Sean  $A$  y  $B$  dos matrices cuadradas de tamaño  $n \times n$  tales que ninguna de ellas es la matriz nula. Demostrar que si  $AB = 0$  entonces ni  $A$  ni  $B$  tienen inversa.
2. Sea  $V$  un espacio vectorial sobre  $\mathbb{R}$  y  $f : V \rightarrow V$  una aplicación lineal. Sean  $\lambda$  y  $\mu$  dos valores propios reales de  $f$ . "Se cumple que  $\lambda + \mu$  es un valor propio de  $f$ ?"
3. Definir dimensión de un espacio vectorial.

**Ejercicio 17 (1 punto).** 1. Definición de sucesión convergente.

2. ¿Es cierto que  $|2A| = 2|A|$ ?

**Ejercicio 18 (2 puntos).** *Discutir el siguiente sistema dependiendo de los valores de  $\alpha$  y  $\beta$ :*

$$\begin{aligned}3x + 3y + 5z + 4u &= 9 \\ y - az + 3u &= 2 \\ 2x - y + 3z + u &= b \\ x + 3y + 2z + au &= 6\end{aligned}$$

**Ejercicio 19 (2 puntos).** *Sea  $f : \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^2$  la aplicación cuya matriz asociada en las bases canónicas es:*

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

*Calcula:*

1. La expresión analítica de  $f$  en la base canónica.
2. Ecuaciones y bases de  $\text{Ker}(f)$  e  $\text{Im}(f)$ .
3. La matriz de  $f$  respecto de las bases

$$\beta_1 = \{(1, 1, 1, 0), (1, 1, 0, 0), (1, 0, 0, 0), (1, 1, 1, 1)\}$$

y

$$\beta_2 = \{(1, 1), (0, 2)\}$$

4. rango de  $f$ .

**Ejercicio 20.** 1. (1'5 puntos) Estudiar si es diagonalizable o no la matriz que damos a continuación en función del parámetro  $\alpha$ . En caso de que lo sea, dar la forma diagonal y la matriz de paso  $T$ .

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 4 \\ 0 & 0 & -3 \end{pmatrix}$$

2. (0'5 puntos) Calcular la inversa de la matriz

$$\begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 5 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 21 (2 puntos).** Calcular los siguientes límites:

1.  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1+3+3^2+\dots+3^n}{1+5+5^2+\dots+5^n}$

2.  $\lim_{n \rightarrow +\infty} (\sqrt{n+1} - \sqrt{n}) \sqrt{\frac{n+1}{2}}$

---

## Parte de Análisis

**Ejercicio 22 (1 punto).** 1. Definir serie absolutamente convergente de números reales.

2. Criterio de comparación para integrales de primera especie.

3. Dibujar el conjunto  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x > 0\}$  y decir si es cerrado o abierto.

**Ejercicio 23 (1 punto).** 1. Definir la derivada direccional de  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  respecto a un vector  $v \in \mathbb{R}^n$

2. ¿En qué consiste el cambio a coordenadas esféricas? Calcular su Jacobiano.

**Ejercicio 24 (2 puntos).** Comprobar que la ecuación  $xye^{xz} - z \log(y) + 1 = 0$  define a  $z$  como función implícita de  $x$  e  $y$  en un entorno del punto  $(x, y) = (-1, 1)$  con  $z(-1, 1) = 0$ . Hallar la ecuación del plano tangente a la superficie  $z = z(x, y)$  en el punto  $(-1, 1)$

**Ejercicio 25 (2 puntos).** Calcular  $\lim_{a \rightarrow +\infty} \int_2^a \frac{1}{(x+1)(x-1)} dx$  demostrando previamente con los criterios habituales que la integral de segunda especie  $\int_2^{+\infty} \frac{1}{(x+1)(x-1)} dx$  es convergente.

**Ejercicio 26 (2 puntos).** 1. Calcular  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{x^\alpha}{x^2+y^2}$  para los valores de  $\alpha = 2, 3$ .

2. Calcular la integral doble  $\int_{1/2}^1 \int_0^{\sqrt{1-x^2}} (x^2 + y^2)^{-1/2} dy dx$  haciendo un cambio a coordenadas polares.

**Ejercicio 27 (2 puntos).** 1. Demostrar que la serie  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{2n+1}{2^n}$  es convergente y calcular su suma.

2. Demostrar si son convergentes y absolutamente convergentes las series  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{(-1)^n}{n^{3/2}}$  y  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{(-1)^n}{n^{3/4}}$

**Notas:**

Las cuestiones que tengan respuesta afirmativa hay que demostrarlas y las que no hay que dar contraejemplo.

Los alumnos que se presentan a toda la asignatura deben responder a los ejercicios 1,4,5,8,9,10.

Los que se presenten al primer parcial que respondan a los ejercicios 1,2,3,4,5,6.

Los que se presenten al segundo parcial que respondan a los ejercicios 7,8,9,10,11,12.

**SUERTE.**

La que llamamos “casualidad” no es más que la ignorancia de las causas físicas. (Leibnitz)

## 1.4 Examen Final de Junio. 7 de septiembre de 2000.

### Parte de Álgebra

**Ejercicio 28 (1 punto).** *Contestar razonadamente a las siguientes cuestiones:*

1. *Discutir si es verdad el enunciado siguiente: si los sistemas  $Ax = b_1$  y  $Ax = b_2$  son compatibles, entonces también lo es  $Ax = b$  donde  $b = b_1 + b_2$ .*
2. *Sea  $V$  un espacio vectorial sobre  $\mathbb{R}$  y  $f : V \rightarrow V$  una aplicación lineal. Sean  $\lambda$  y  $\mu$  dos valores propios reales de  $f$ . ¿Se cumple que  $\lambda\mu$  es un valor propio de  $f$ ?*
3. *Dar un ejemplo de un conjunto de vectores generador pero no linealmente independiente en un espacio vectorial.*

**Ejercicio 29 (1 punto).** 1. *Definición de sucesión de Cauchy.*

2. *¿Es cierto que  $|nA| = n|A|$  donde  $n$  es el tamaño de la matriz?*

**Ejercicio 30 (2 puntos).** *Dados los subespacios de  $\mathbb{R}^3$ ,  $W_1 = \{(x_1, x_2, x_3) \in \mathbb{R}^3 : x_1 = x_2 = 0\}$  y  $W_2 = \{(x_1, x_2, x_3) \in \mathbb{R}^3 : x_1 + x_2 + x_3 = 0\}$  calcular:*

- (a) *Un conjunto generador linealmente independiente de  $W_1$  y  $W_2$ .*
- (b) *Calcular  $W_1 + W_2$  y  $W_1 \cap W_2$ .*
- (c) *¿Es la suma de  $W_1$  y  $W_2$  directa?*

(d) Calcular las dimensiones de  $W_1, W_2, W_1 \cap W_2, W_1 + W_2$ .

**Ejercicio 31 (2 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal definida por:

$$\begin{aligned} f(1, 1, 1, 1) &= (0, 0, 1) & f(1, 0, 1, 0) &= (1, 1, -1) \\ f(1, 1, 1, 0) &= (0, 0, -1) & f(-1, -2, 0, 0) &= (1, 1, 1) \end{aligned}$$

Se pide calcular:

1. La matriz de  $f$  respecto a las bases canónicas.
2. La dimensión y ecuaciones de  $\text{Ker}(f)$  e  $\text{Im}(f)$ .
3. La matriz de  $f$  respecto de las bases  $\mathcal{B}_1 = \{(1, 1, 1, 0), (1, 1, 0, 0), (1, 0, 0, 0), (1, 1, 1, 1)\}$  de  $\mathbb{R}^4$  y  $\mathcal{B}_2 = \{(1, 1, 1), (0, 1, 1), (0, 0, 1)\}$  de  $\mathbb{R}^3$ , así como las ecuaciones del núcleo y la imagen de  $f$  en estas bases.
4. El rango de la aplicación.

**Ejercicio 32 (2 puntos).** Estudiar si es diagonalizable o no la matriz que damos a continuación en función del. En caso de que lo sea, dar la forma diagonal y la matriz de paso  $T$ .

$$\begin{pmatrix} 5 & 0 & -4 \\ 0 & 3 & 0 \\ 2 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 33 (2 puntos).** Calcular los siguientes límites:

1.  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1^3 + 2^3 + \dots + n^3}{n^4}$
  2.  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \left( \frac{\sqrt{n-4}}{\sqrt{n-7}} \right)^{\sqrt{n}}$
-

## Parte de Análisis

**Ejercicio 34 (1 punto).** 1. *Definición de sucesión de funciones y de convergencia puntual.*

2. *¿Cuál es el Jacobiano de una composición de funciones?*

3. *Enunciar el teorema de la función inversa.*

**Ejercicio 35 (1 punto).** 1. *Regla del cambio de variables en la integral doble.*

2. *Enuncia el Teorema Fundamental del cálculo integral*

**Ejercicio 36 (2 puntos).** *Comprobar que la ecuación  $x^2 + y^2 + z^2 - 49 = 0$  define a  $z$  como función implícita de  $x$  e  $y$  en un entorno del punto  $(x, y, z) = (6, -3, -2)$ . Hallar la ecuación del plano tangente a la superficie  $z = z(x, y)$  en el punto  $(6, -3)$*

**Ejercicio 37 (2 puntos).** *Dadas la funciones  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y  $g : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  definidas por  $f(x, y) = (y^2, xy, x^3)$  y  $g(x, y, z) = (x - z^3, 2x^2 - y, xyz)$  hallar  $J(g \circ f)(-1, 1)$  y  $J(g \circ f)(0, 0)$ .*

**Ejercicio 38 (2 puntos).** 1. *Estudiar la convergencia y convergencia absoluta de la integral*

$$\int_1^{+\infty} e^{-x} \sin x \, dx$$

2. *Calcula la integral  $f(a) = \int_1^a e^{-x} \sin x \, dx$*

3. *Calcula  $\lim_{a \rightarrow +\infty} f(a)$*

**Ejercicio 39 (2 puntos).** 1. *Demostrar que la serie  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{3n+5}{2^n}$  es convergente y calcular su suma.*

2. *Calcular el volumen limitado por  $z = 1$  y  $z = \sqrt{x^2 + y^2}$ .*



**Notas:**

Las cuestiones que tengan respuesta afirmativa hay que demostrarlas y las que no hay que dar contraejemplo.

Los alumnos que se presentan a toda la asignatura deben responder a los ejercicios 1,4,5,8,9,10.

Los que se presenten al primer parcial que respondan a los ejercicios 1,2,3,4,5,6.

Los que se presenten al segundo parcial que respondan a los ejercicios 7,8,9,10,11,12.

**SUERTE.**

*No entiendes realmente algo a menos que seas capaz de explicárselo a tu abuela. (Rousseau)*

## 1.5 Examen de Diciembre. 13 de diciembre de 2000.

### Parte de Álgebra

**Ejercicio 40 (1 punto).** *Contestar razonadamente a las siguientes cuestiones:*

1. Sean  $A$  y  $B$  dos matrices invertibles de tamaño  $n \times n$ , demostrar que  $AB$  es invertible calculando su inversa.
2. Sea  $V$  un espacio vectorial sobre  $\mathbb{R}$  y  $f : V \rightarrow V$  una aplicación lineal. Sean  $\lambda$  y  $\mu$  dos valores propios reales de  $f$ . ¿Se cumple que  $\lambda + \mu$  es un valor propio de  $f$ ?
3. Dar la fórmula de la dimensión de suma de subespacios vectoriales.

**Ejercicio 41 (1 punto).** 1. Enuncia el Criterio de Stolz.

2. ¿Es cierto que  $|2A| = 2^n |A|$ ? (donde  $n$  es el número de filas de la matriz  $A$ )

**Ejercicio 42 (2 puntos).** Se consideran en  $\mathbb{R}^4$  los subespacios vectoriales generados por  $S_1 = \{(1, 1, 1, 1), (1, -1, -1, 1)\}$  y  $S_2 = \{(1, 1, 0, 1), (1, 2, -1, -2), (3, 5, -2, 5)\}$ . Calcular:

- (a) La base y la dimensión de  $\langle S_1 \rangle$  y  $\langle S_2 \rangle$ .
- (b) Calcular  $\langle S_1 \rangle \cap \langle S_2 \rangle$  y  $\langle S_1 \rangle + \langle S_2 \rangle$  dando bases de dichos subespacios.
- (c) ¿Pertenece el vector  $(4, 0, -2, 1)$  a  $\langle S_1 \rangle \cap \langle S_2 \rangle$ ? En caso afirmativo dar sus coordenadas respecto a la base obtenida en la parte (b).

(d) ¿Pertenece el vector  $(4, 0, -2, 1)$  a  $\langle S_1 \rangle + \langle S_2 \rangle$ ? En caso afirmativo dar sus coordenadas respecto a la base obtenida en la parte (b)?

**Ejercicio 43 (2 puntos).** En  $\mathbb{R}^3$  se considera la base  $\mathcal{B} = \{e_1, e_2, e_3\}$  y la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  definida respecto a esta base por la relación:

$$f(x_1e_1 + x_2e_2 + x_3e_3) = (x_2 + x_3)e_1 + (x_1 + x_3)e_2 + (x_2 - x_1)e_3$$

Se pide:

1. Calcular la matriz de  $f$  respecto a la base  $\mathcal{B}$ .
2. Calcular el núcleo y la imagen de  $f$ , es decir: calcular las ecuaciones de ambos subespacios y una base de cada uno de los dos.
3. Ampliar la base anterior del núcleo a una base de  $\mathbb{R}^3$ .
4. Hallar la matriz de  $f$  respecto a esta nueva base.
5. Calcular el rango de  $f$ .

**Ejercicio 44.** 1. (1'5 puntos) Estudiar si es diagonalizable o no la matriz que damos a continuación en función del parámetro  $\alpha$ .

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 4 \\ 0 & 0 & \alpha \end{pmatrix}$$

2. (0'5 puntos) Calcular la inversa de la matriz

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ -1 & 2 & 3 \\ 0 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 45 (2 puntos).** Calcular los siguientes límites:

1.  $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1+2+2^2+2^3+\dots+2^n}{n^2+2n+2}$
  2.  $\lim_{n \rightarrow +\infty} (\sqrt{n+1} - \sqrt{n}) \sqrt{\frac{n+1}{2}}$
-

## Parte de Análisis

**Ejercicio 46 (1 punto).** 1. Definir serie absolutamente convergente de números reales.

2. Criterio de comparación para integrales de segunda especie.

3. Dibujar el conjunto  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x \leq y\}$  y decir si es cerrado o abierto.

**Ejercicio 47 (1 punto).** 1. Dada  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  ¿Qué es el Jacobiano de  $f$  en un punto  $a \in \mathbb{R}^n$ ?

2. ¿En qué consiste el cambio a coordenadas cilíndricas? Calcular su Jacobiano.

**Ejercicio 48 (2 puntos).** Comprobar que la ecuación  $xye^{xz} - z \log(y) + 1 = 0$  define a  $z$  como función implícita de  $x$  e  $y$  en un entorno del punto  $(x, y) = (-1, 1)$  con  $z(-1, 1) = 0$ . Hallar la ecuación del plano tangente a la superficie  $z = z(x, y)$  en el punto  $(-1, 1)$

**Ejercicio 49 (2 puntos).** 1. (1 punto) Probar que  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{5n+2}{3^n}$  es convergente utilizando los criterios habituales y en caso de que lo sea calcular su suma.

2. (1 punto) Calcular la integral triple  $\int_{\Omega} x dx dy dz$  donde  $\Omega = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : 0 \leq x^2 + y^2 \leq 1, 0 \leq z \leq 1\}$

**Ejercicio 50 (2 puntos).** Calcular  $\lim_{a \rightarrow +\infty} \int_2^a \frac{1}{x^2+1} dx$  demostrando previamente con los criterios habituales que la integral de segunda especie  $\int_2^{+\infty} \frac{1}{x^2+1} dx$  es convergente.

**Ejercicio 51 (2 puntos).** 1. (0,75 puntos) Calcular  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{x^4+y^4}{x^2+y^2}$ .

2. (0,5 puntos) Demostrar si son convergentes y absolutamente convergentes las series  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{(-1)^n}{n^{3/2}}$  y  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{(-1)^n}{n^{3/4}}$

3. (0,75 puntos) Dada la función  $f(x) = \int_{x^2}^1 \log(t) dt$  calcular  $f'(x)$

**Notas:**

Las cuestiones que tengan respuesta afirmativa hay que demostrarlas y las que no hay que dar contraejemplo.

Los alumnos que se presentan a toda la asignatura deben responder a los ejercicios 1,4,5,8,9,10.

Los que se presenten al primer parcial que respondan a los ejercicios 1,2,3,4,5,6.

Los que se presenten al segundo parcial que respondan a los ejercicios 7,8,9,10,11,12.

**SUERTE.**

*El progreso y el perfeccionamiento de las matemáticas están íntimamente ligados a la prosperidad del Estado. (Napoleón)*

## Capítulo 2

---

# Curso 2000/2001. Ingeniería técnica de obras públicas.

---

### 2.1 Primer parcial.

**Ejercicio 52 (2 puntos).** *En los siguientes apartados se os plantean unas cuestiones. Aquellas que sean verdaderas debéis demostrarlas y para las falsas se os pide dar un contraejemplo. Otros apartados se limitan a pedirnos unas definiciones.*

- a. *La matriz asociada a una aplicación lineal es siempre invertible.*
- b. *Dadas dos matrices cuadradas  $A$  y  $B$ , se tiene que  $|A - B| = |A| - |B|$ .*
- c. *El método de bipartición se puede aplicar a la función  $f(x) = \frac{1}{x^2+1}$  para resolver la ecuación  $f(x) = 0$ . En caso de que tu respuesta sea afirmativa da un intervalo donde aplicarlo.*
- d. *Define lo que es el desarrollo de Taylor de una función.*
- e. *¿Qué entiendes por suma directa de dos subespacios vectoriales  $V$  y  $W$ ?*
- f. *Un sistema con más incógnitas que ecuaciones siempre es compatible indeterminado.*

**Ejercicio 53 (2 puntos).** *En este ejercicio debes elegir el apartado (a) o el (b):*

- a. *Discutir y resolver, cuando sea posible, el siguiente sistema de ecuaciones en función del parámetro  $a$ :*

$$\begin{aligned}
 ax + y + z + t &= 1 \\
 x + ay + z + t &= b \\
 x + y + az + t &= b^2 \\
 x + y + z + at &= b^3
 \end{aligned}$$

b. Dados los conjuntos  $V = \{(x, y, z, t) \in \mathbb{R}^4 : x + 2y = 0, y = -z\}$  y  $W = \{(x, y, z, t) \in \mathbb{R}^4 : x + y + z + t = 0, y + x = 0, y - x = 0\}$  responde a los siguientes apartados:

- (i) Demuestra que  $V$  es un subespacio vectorial.
- (ii) Calcula una base de  $V$  y otra de  $W$ . Da su dimensión.
- (iii) Determina las ecuaciones de  $V \cap W$  y  $V + W$ .
- (iv) ¿Es la suma  $V + W$  directa?

**Ejercicio 54 (2 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  la aplicación cuya matriz asociada en las bases canónicas es:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & -1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Calcula:

1. La expresión analítica de  $f$  en la base canónica.
2. Ecuaciones y bases de  $\text{Ker}(f)$  e  $\text{Im}(f)$ .
3. La matriz de  $f$  respecto de las bases

$$\beta_1 = \{(1, 1), (-1, 1)\}$$

y

$$\beta_2 = \{(1, 1, 0), (0, 2, 0), (0, 0, -1)\}$$

4. rango de  $f$ .

**Ejercicio 55.** 1. (1'5 puntos) Estudiar si es diagonalizable o no la matriz que damos a continuación. En caso de que lo sea dar la matriz de paso y la matriz diagonal.

$$\begin{pmatrix} 3 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$

2. (0'5 puntos) Calcular la inversa de la matriz

$$\begin{pmatrix} 2 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & -2 \\ 1 & -3 & 2 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 56 (2 puntos).** 1. ¿Qué error máximo cometemos aproximando  $\sin(x) + \cos(x)$  por  $1 + x - \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6}$  en el intervalo  $[0,1]$ ?

2. Calcular el valor del número  $e^{\frac{1}{4}} \cos(\frac{1}{4})$  con un error máximo de  $10^{-2}$

3. Calcular  $\lim_{x \rightarrow 0} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{x \sin(x)} \right)$

---

**Notas:**

No se puede fumar durante toda la prueba.

Poned en todos los folios que utilizéis vuestro nombre, apellidos y D.N.I.

Colocad el D.N.I. sobre la mesa.

Cambio de tutorías para el segundo parcial:

Martes y Miércoles de 9h. 30mn. a 12h. 30mn.

**SUERTE.**

*La geometría es el arte de pensar bien, y dibujar mal. (Poincaré)*





## Capítulo 3

---

# Curso 2000/2001. Ingeniería técnica de minas.

---

### 3.1 Primer parcial.

**Ejercicio 57 (2 puntos).** *En los siguientes apartados se os plantean unas cuestiones. Aquellas que sean verdaderas debéis demostrarlas y para las falsas se os pide dar un contraejemplo.*

1. *Dados dos subespacios vectoriales de  $\mathbb{R}^3$   $V$  y  $W$  se tiene que  $\dim(V + W) = \dim(V) + \dim(W)$*
2. *Define lo que entiendes por aplicación lineal y rango de una aplicación lineal.*
3. *Un sistema con más incógnitas que ecuaciones puede ser compatible determinado.*
4. *Dada una matriz  $A \in \mathcal{M}_{n \times n}(\mathbb{R})$ , define lo que se entiende por polinomio característico y espectro de la matriz  $A$  (denotados por  $p_A(x)$  y  $\sigma_A$  respectivamente).*
5. *¿Se puede aplicar el método de iteración directa o del punto fijo a la función  $f(x) = e^{x-1}$  en el intervalo  $[0, 1]$ ?*
6. *La matriz asociada a una aplicación lineal es siempre invertible.*
7. *Dadas dos matrices cuadradas  $A$  y  $B$ , se tiene que  $|A - B| = |A| - |B|$ .*
8. *El método de bipartición se puede aplicar a la función  $f(x) = \frac{1}{x^2+1}$  para resolver la ecuación  $f(x) = 0$ . En caso de que tu respuesta sea afirmativa da un intervalo donde aplicarlo.*

9. Define lo que es el desarrollo de Taylor de una función.
10. Da el enunciado de la Regla de L'Hôpital.
11. ¿Qué entiendes por suma directa de dos subespacios vectoriales  $V$  y  $W$ ?
12. Un sistema con más incógnitas que ecuaciones siempre es compatible indeterminado.

**Ejercicio 58 (2 puntos).** Discutir y resolver, cuando sea posible, el siguiente sistema de ecuaciones en función del parámetro  $a$ :

$$\begin{aligned} ax + y + z &= a^2 \\ x - y + z &= 1 \\ 3x - y - z &= 1 \\ 6x - y + z &= 3a \end{aligned}$$

**Ejercicio 59 (2 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^3$  la aplicación cuya matriz asociada en las bases canónicas es:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

Calcula:

1. La expresión analítica de  $f$  en la base canónica.
2. Ecuaciones y bases de  $\text{Ker}(f)$  e  $\text{Im}(f)$ .
3. La matriz de  $f$  respecto de las bases

$$\beta_1 = \{(1, 1, 1, 0), (1, 1, 0, 0), (1, 0, 0, 0), (1, 1, 1, 1)\}$$

y

$$\beta_2 = \{(1, 1, 0), (0, 2, 0), (0, 0, -1)\}$$

4. rango de  $f$ .

**Ejercicio 60.** 1. (1'5 puntos) Estudiar si es diagonalizable o no la matriz que damos a continuación en función de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ .

$$\begin{pmatrix} \alpha & 1 & 0 \\ 0 & \beta + 2 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

2. (0'5 puntos) Calcular la inversa de la matriz

$$\begin{pmatrix} 2 & 3 & 1 \\ 1 & 5 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 61 (2 puntos).** 1. ¿Qué error máximo cometemos aproximando  $\cos(x)$  por  $1 - \frac{x^2}{2} + \frac{x^4}{4!}$  en el intervalo  $[-1, 1]$ ?

2. Calcular el valor del número  $e$  con un error máximo de  $10^{-4}$

3. Calcular  $\lim_{x \rightarrow 0} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{\sin(x)} \right)$

---

## Parte de Análisis

**Ejercicio 62 (1 punto).** 1. Definir serie absolutamente convergente de números reales.

2. Criterio de comparación para integrales de primera especie.

3. Dibujar el conjunto  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x > 0\}$  y decir si es cerrado o abierto.

**Ejercicio 63 (1 punto).** 1. Definir la derivada direccional de  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  respecto a un vector  $v \in \mathbb{R}^n$

2. ¿En qué consiste el cambio a coordenadas esféricas? Calcular su Jacobiano.

**Ejercicio 64 (2 puntos).** Comprobar que la ecuación  $xye^{xz} - z \log(y) + 1 = 0$  define a  $z$  como función implícita de  $x$  e  $y$  en un entorno del punto  $(x, y) = (-1, 1)$  con  $z(-1, 1) = 0$ . Hallar la ecuación del plano tangente a la superficie  $z = z(x, y)$  en el punto  $(-1, 1)$

**Ejercicio 65 (2 puntos).** Calcular  $\lim_{a \rightarrow +\infty} \int_2^a \frac{1}{(x+1)(x-1)} dx$  demostrando previamente con los criterios habituales que la integral de segunda especie  $\int_2^{+\infty} \frac{1}{(x+1)(x-1)} dx$  es convergente.

**Ejercicio 66 (2 puntos).** 1. Calcular  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{x^\alpha}{x^2+y^2}$  para los valores de  $\alpha = 2, 3$ .

2. Calcular la integral doble  $\int_{1/2}^1 \int_0^{\sqrt{1-x^2}} (x^2 + y^2)^{-1/2} dy dx$  haciendo un cambio a coordenadas polares.

**Ejercicio 67 (2 puntos).** 1. Demostrar que la serie  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{2n+1}{2^n}$  es convergente y calcular su suma.

2. Demostrar si son convergentes y absolutamente convergentes las series  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{(-1)^n}{n^{3/2}}$  y  $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{(-1)^n}{n^{3/4}}$

**Notas:**

Las cuestiones que tengan respuesta afirmativa hay que demostrarlas y las que no hay que dar contraejemplo.

Los alumnos que se presentan a toda la asignatura deben responder a los ejercicios 1,4,5,8,9,10.

Los que se presenten al primer parcial que respondan a los ejercicios 1,2,3,4,5,6.

Los que se presenten al segundo parcial que respondan a los ejercicios 7,8,9,10,11,12.

**SUERTE.**

*La que llamamos "casualidad" no es más que la ignorancia de las causas físicas. (Leibnitz)*

**Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería**  
**Ingeniería técnica de Obras Públicas**  
**2 de diciembre de 2005**

**Ejercicio 1** (2,5 puntos). Sea  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  la aplicación cuya matriz asociada en las bases canónicas es:

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$$

Calcula:

1. Los valores de  $n$  y de  $m$ .

**Solución:** Los valores de  $n$  y de  $m$  son respectivamente 2 y 3, es decir, el número de columnas y filas de la matriz  $A$ .

2. La expresión analítica de  $f$  en las bases canónicas de  $\mathbb{R}^n$  y  $\mathbb{R}^m$ .

**Solución:**  $f(x, y) = \left[ A \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \right]^t = (2x, x + y, 2y)$ .

3. El núcleo y la imagen de  $f$ .

**Solución:**

**El núcleo**

El núcleo de la aplicación  $f$  estará formado por aquellos vectores  $(x, y)$  tales que  $f(x, y) = (0, 0, 0)$ . Es decir, serán los vectores  $(x, y)$  que verifican el siguiente sistema de ecuaciones lineales homogéneas:

$$\begin{cases} 2x = 0, \\ x + y = 0, \\ 2y = 0. \end{cases}$$

Así que resolviendo el sistema se ve que  $\text{Ker}f = \{(0, 0)\}$ , que una base es  $\beta_{\text{Ker}f} = \emptyset$  y que la dimensión es 0.

**La imagen**

La imagen es el subespacio vectorial de  $\mathbb{R}^3$  generado por los vectores columna de la matriz  $A$ , es decir  $\text{Im}f = \langle (2, 1, 0), (0, 1, 2) \rangle$ . Como los dos vectores generadores también son linealmente independientes entonces son una base de  $\text{Im}f$  y por lo tanto la dimensión del subespacio imagen es 2.

Calculamos ahora sus ecuaciones. Un vector  $(x, y, z)$  estará en la imagen si:

$$(x, y, z) = \alpha(2, 1, 0) + \beta(0, 1, 2),$$

es decir:

$$\begin{cases} x = 2\alpha, \\ y = \alpha + \beta, \\ z = \alpha + 2\beta. \end{cases}$$

Ahora eliminamos los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  anteriores y obtenemos la ecuación que define a la imagen:

$$z - 2y + \frac{x}{2} = 0.$$

4. La matriz de  $f$  respecto de las bases

$$\mathcal{B} = \{(1, 1), (1, 0)\} \quad \text{y} \quad \mathcal{B}' = \{(1, 0, 0), (1, 1, 0), (1, 1, 1)\}.$$

**Solución:** Vamos a calcular esta matriz utilizando la definición de la misma. Para ello debemos calcular las imágenes de los vectores  $(1, 1)$  y  $(1, 0)$  por la aplicación  $f$  y a calcular las coordenadas de esas imágenes en la base  $\mathcal{B}'$ :

$$\begin{aligned}f(1, 1) &= (2, 2, 2) = 2(1, 1, 1) = (0, 0, 2)_{\mathcal{B}'}, \\f(1, 0) &= (2, 1, 0) = (1, 0, 0) + (1, 1, 0) = (1, 1, 0)_{\mathcal{B}'}. \end{aligned}$$

Así que la matriz de  $f$  respecto de las bases  $\mathcal{B}$  y  $\mathcal{B}'$  es:

$$M_{\mathcal{B}\mathcal{B}'}(f) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}.$$

5. El rango de  $f$ .

**Solución:** Es el valor de la dimensión del conjunto imagen, es decir 2.

**Ejercicio 2** (2,5 puntos). 1. Determina si la matriz  $A = \begin{pmatrix} 3 & 2 & 2 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & -2 & 1 \end{pmatrix}$  es diagonalizable. En caso de que sea diagonalizable da la matriz diagonal y la matriz de paso que la diagonaliza (1,5 puntos).

**Solución:**

Para empezar calculamos el polinomio característico de la matriz  $A$ :

$$p_A(x) = |A - xI_3| = \begin{vmatrix} 3-x & 2 & 2 \\ 0 & 3-x & 0 \\ 0 & -2 & 1-x \end{vmatrix} = (x-3)^2(x-1)$$

Calculamos el espectro de  $A$  resolviendo la ecuación  $p_A(x) = 0$  que tiene como soluciones a 1 y a 3. Por lo tanto  $\sigma_A(x) = \{1, 3\}$ ,  $m(1) = 1$  y  $m(3) = 2$ .

Para ver si la matriz es diagonalizable sólo debemos comprobar que  $\dim V_3 = m(3) = 2$  porque la igualdad  $\dim V_1 = m(1)$  se satisface por ser  $m(1) = 1$ .

La matriz  $A - 3I_3 = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & -2 \end{pmatrix}$  tiene, claramente, rango 1. Así que  $\dim V_3 = 3 - \text{rg}(A - 3I_3) = 3 - 1 = 2 = m(3)$ .

Por lo tanto hemos demostrado que la matriz  $A$  es diagonalizable. Encontramos una matriz de paso que la diagonaliza y la matriz diagonal. Para ello es necesario encontrar bases de los subespacios vectoriales  $V_1$  y  $V_3$ .

$V_1$  es el espacio de vectores que satisface la ecuación:

$$\begin{pmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

y el vector  $(1, 0, -1)$  satisface esta ecuación y es linealmente independiente. Así que una base de  $V_1$  es:

$$\beta_{V_1} = \{(1, 0, -1)\}.$$

$V_3$  es el espacio de vectores que satisface la ecuación:

$$\begin{pmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & -2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

y los vectores  $(1, 0, 0)$  y  $(0, -1, 1)$  satisfacen esta ecuación y son linealmente independientes. Así que una base de  $V_3$  es:

$$\beta_{V_3} = \{(1, 0, 0), (0, -1, 1)\}.$$

Si tomamos como matriz diagonal  $D = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$  entonces una matriz de paso será:

$P = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ . La inversa de esta matriz es:  $P^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$  y se verifica la igualdad:

$$D = P^{-1}AP.$$

2. Calcula un valor aproximado de  $\sin\left(\frac{1}{5}\right)$  usando el polinomio de Taylor de orden 3. Da una estimación del error cometido en la aproximación. (1 punto).



**Solución:**

Para responder a este apartado hay que usar el desarrollo de Taylor de orden 3 de la función  $f(x) = \sin x$  centrado en el punto  $a = 0$ :

$$\sin x = f(0) + \frac{f'(0)}{1!}x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \frac{f'''(0)}{3!}x^3 + \frac{f^{(4)}(\xi)}{4!}x^4,$$

donde  $\xi \in (0, x)$ .

La aproximación solicitada es:

$$\sin \frac{1}{5} \approx f(0) + \frac{f'(0)}{1!} \frac{1}{5} + \frac{f''(0)}{2!} \left(\frac{1}{5}\right)^2 + \frac{f'''(0)}{3!} \left(\frac{1}{5}\right)^3 = \frac{1}{5} - \frac{(1/5)^3}{6} = \frac{149}{750}.$$

Ahora estimamos el error cometido en la aproximación:

$$|E| = \left| \frac{f^{(iv)}(\xi)}{4!} \left(\frac{1}{5}\right)^4 \right| \leq \frac{1}{4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 5^4} = \frac{1}{15000} = 0,0000666667.$$

- Ejercicio 3** (2,5 puntos). 1. Calcula los máximos y mínimos absolutos de la función dada por  $f(x, y) = x^2 + 8xy + 8x + 4y^2$  en el recinto  $D = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \text{ tales que } x \geq 0, x+y \leq 2, x-y \leq 2\}$  (2 puntos).
2. Calcula los puntos críticos de la función  $f(x, y) = (x - 1)^2 + (y + 2)^2$  y di si se tratan de un máximo relativo, un mínimo relativo o un punto de silla (0,5 puntos).
- 

- Ejercicio 4** (2,5 puntos). 1. Hallar el plano tangente a la superficie  $z = x^2 - (y + 1)^2$  en el punto  $(1, 0)$  (0,5 puntos).
2. Calcula la integral doble

$$\iint_D \sqrt{x^2 + y^2} e^{\sqrt{x^2 + y^2}} dx dy,$$

donde  $D = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \text{ tales que } 1 \leq x^2 + y^2 \leq 4, 0 \leq x, 0 \leq y\}$  (0,5 puntos).

3. Calcula la integral  $\int \frac{1}{\sin x} dx$  (0,5 puntos).
4. Sea  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  dada por  $f(x, y) = (\sin x, \sin x \cos x \sin y)$ . Calcula la matriz jacobiana de  $f$  en el punto  $(0, \frac{\pi}{2})$  (0,5 puntos).
5. Sea  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  una función de clase  $C^2$ . Comprueba si se verifica la igualdad

$$f_x(x, y) + f_y(x, y) = 2f_u(u, v),$$

donde  $u = x + y, v = x - y$  (0,5 puntos).

**Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería (Primer parcial)**  
**Ingeniería técnica de Obras Públicas**  
**13 de junio de 2005**

**Ejercicio 1** (2,5 puntos). Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$  la aplicación cuya matriz asociada en las bases canónicas es:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

Calcula:

1. La expresión analítica de  $f$  en las bases canónicas.

**Solución.**

$$f(x, y, z) = [A(x, y, z)^t]^t = \left[ \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \right]^t = (x, x + y + 2z)$$

2. El núcleo y la imagen de  $f$ .

**Solución.**

**Núcleo de  $f$**

El núcleo de  $f$  son los vectores  $(x, y, z) \in \mathbb{R}^3$  tales que  $f(x, y, z) = (0, 0)$ , así que se tiene que verificar:

$$\begin{cases} x = 0, \\ x + y + 2z = 0, \end{cases} \Rightarrow (S) \begin{cases} x = 0, \\ y + 2z = 0. \end{cases}$$

Como la matriz asociada al sistema  $S$ , que llamaremos  $B$ , tiene rango 2 entonces el núcleo de  $f$  tiene dimensión  $3 - \text{rg } B = 3 - 2 = 1$ .

Una base de este núcleo sería:

$$\beta_{\text{Nuc } f} = \{(0, -2, 1)\}.$$

**Imagen de  $f$**

Para empezar sabemos que la dimensión de la imagen es

$$\dim \text{Im } f = \dim \mathbb{R}^3 - \dim \text{Nuc } f = 3 - 1 = 2.$$

Una base de esta imagen se puede obtener eligiendo dos vectores linealmente independientes de las columnas de la matriz asociada a  $f$ :

$$\beta_{\text{Im } f} = \{(1, 1), (0, 1)\}.$$

Así que  $\text{Im } f = \mathbb{R}^2$ , ya que la dimensión de  $\text{Im } f$  es 2 e  $\text{Im } f$  es un subespacio vectorial de  $\mathbb{R}^2$ .

3. La matriz de  $f$  respecto a las bases  $\mathcal{B} = \{(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 0)\}$  y  $\mathcal{B}' = \{(1, 2), (0, 1)\}$ .

**Solución.**

Teniendo en cuenta el diagrama:

$$\begin{array}{ccc} (\mathbb{R}^3, \beta_c^3) & \xrightarrow{f} & (\mathbb{R}^2, \beta_c^2) \\ \text{Id } \uparrow & & \downarrow \text{Id} \\ (\mathbb{R}^3, \beta) & \xrightarrow{f} & (\mathbb{R}^2, \beta'), \end{array}$$

deducimos:

$$\begin{aligned}
M_{\beta\beta'}(f) &= M_{\beta_c^2\beta'}(\text{Id})M_{\beta_c^3\beta_c^2}(f)M_{\beta\beta_c^3}(\text{Id}) = M_{\beta'\beta_c^2}M_{\beta_c^3\beta_c^2}(f)M_{\beta_c^3\beta} = \\
M_{\beta_c^2\beta'}^{-1}M_{\beta_c^3\beta_c^2}(f)M_{\beta_c^3\beta} &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \\
& \qquad \qquad \qquad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 0 & -1 \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

4. El rango de  $f$ .

**Solución.**

El rango de  $f$ , por definición, es la dimensión de la imagen de  $f$ . Es decir, el rango de  $f$  es 2.

**Ejercicio 2** (2,5 puntos). 1. Determina si la matriz  $A = \begin{pmatrix} 3 & -2 & 2 \\ 2 & -1 & 2 \\ 2 & -2 & 3 \end{pmatrix}$  es diagonalizable. En

caso de que sea diagonalizable da la matriz diagonal y la matriz de paso que la diagonaliza (1,25 puntos).

**Solución.**

Para empezar calculamos el polinomio característico de la matriz  $A$ :

$$p_A(x) = |A - xI_3| = \begin{vmatrix} 3-x & -2 & 2 \\ 2 & -1-x & 2 \\ 2 & -2 & 3-x \end{vmatrix} = 3 - 7x + 5x^2 - x^3 = -(x-3)(x-1)^2$$

Calculamos el espectro de  $A$  resolviendo la ecuación  $p_A(x) = 0$  que tiene como soluciones a 1 y a 3. Por lo tanto  $\sigma_A(x) = \{1, 3\}$ ,  $m(1) = 2$  y  $m(3) = 1$ .

Para ver si la matriz es diagonalizable sólo debemos comprobar que  $\dim V_1 = m(1) = 2$  porque la igualdad  $\dim V_3 = m(3)$  se satisface por ser  $m(3) = 1$ .

La matriz  $A - 1I_3 = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \end{pmatrix}$  tiene, claramente, rango 1. Así que  $\dim V_1 = 3 - \text{rg}(A - I_3) = 3 - 1 = 2 = m(1)$ .

Por lo tanto hemos demostrado que la matriz  $A$  es diagonalizable. Encontremos una matriz de paso que la diagonaliza y la matriz diagonal. Para ello es necesario encontrar bases de los subespacios vectoriales  $V_1$  y  $V_3$ .

$V_1$  es el espacio de vectores que satisface la ecuación:

$$\begin{pmatrix} 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

y los vectores  $(1, 1, 0)$  y  $(0, 1, 1)$  satisfacen esta ecuación y son linealmente independientes. Así que una base de  $V_1$  es:

$$\beta_{V_1} = \{(1, 1, 0), (0, 1, 1)\}.$$

$V_3$  es el espacio de vectores que satisface la ecuación:

$$\begin{pmatrix} 0 & -2 & 2 \\ 2 & -4 & 2 \\ 2 & -2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

y el vector  $(1, 1, 0)$  satisface esta ecuación, por lo que una base de  $V_3$  es:

$$\beta_{V_3} = \{(1, 1, 1)\}.$$

Si tomamos como matriz diagonal  $D = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$  entonces una matriz de paso será:  
 $P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ . La inversa de esta matriz es:  $P^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$  y se verifica la igualdad:

$$D = P^{-1}AP.$$

2. Calcula un valor aproximado de  $\cos\left(\frac{1}{4}\right)$  usando el polinomio de Taylor de orden 3. Da una estimación del error cometido en la aproximación. (1,25 puntos).

**Solución.**

Para responder a este apartado hay que usar el desarrollo de Taylor de orden 3 de la función  $f(x) = \cos x$  centrado en el punto  $a = 0$ :

$$\cos x = f(0) + \frac{f'(0)}{1!}x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \frac{f'''(0)}{3!}x^3 + \frac{f^{(4)}(\xi)}{4!}x^4,$$

donde  $\xi \in (0, x)$ .

La aproximación solicitada es:

$$\cos \frac{1}{4} \approx f(0) + \frac{f'(0)}{1!} \frac{1}{4} + \frac{f''(0)}{2!} \left(\frac{1}{4}\right)^2 + \frac{f'''(0)}{3!} \left(\frac{1}{4}\right)^3 = 1 - \frac{(1/4)^2}{2} = \frac{31}{32}.$$

Ahora estimamos el error cometido en la aproximación:

$$|E| = \left| \frac{f^{(iv)}(\xi)}{4!} \left(\frac{1}{4}\right)^4 \right| \leq \frac{1}{4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 4^4} = \frac{1}{6144} = 0,00016276.$$

**Ejercicio 3** (2,5 puntos). Dados los subespacios de  $\mathbb{R}^4$

$$\begin{aligned} S &= \langle (1, 1, 1, 1), (1, 0, 0, 0) \rangle, \\ T &= \{(x, y, z, t) \in \mathbb{R}^4 : x = 2y, 2z = t\}, \end{aligned}$$

se pide:

- (a) Calcula una base de  $S$  y da su dimensión (0,5 puntos).

**Solución.** Puesto que los dos vectores de  $S$  dados son generadores y linealmente entonces forman una base. Así que:

$$\beta_S = \{(1, 1, 1, 1), (1, 0, 0, 0)\}.$$

- (b) Calcula una base de  $T$  y da su dimensión (0,5 puntos).

**Solución.** Debido a que la matriz asociada al sistema que define el subespacio  $T$  tiene rango 2 entonces  $T$  tiene dimensión igual a  $4 - 2 = 2$ . Basta pues con dar un conjunto de dos vectores de  $T$  linealmente independientes:

$$\beta_T = \{(2, 1, 0, 0), (0, 0, 1, 2)\}.$$

- (c) Calcula las ecuaciones cartesianas del subespacio  $S$  respecto de la base de  $\mathbb{R}^4$  que sigue

$$\mathcal{B}_1 = \{(1, 1, 1, 0), (1, 0, 0, 0), (1, 1, 1, 1), (1, 1, 0, 0)\} \quad (0,5 \text{ puntos}).$$

**Solución.** Puesto que la dimensión de  $S$  es 2 necesitaremos  $4 - 2 = 2$  ecuaciones linealmente independientes para definir al subespacio  $S$ . Sea  $(x, y, z, t)_{\beta_1} \in S$ , entonces:

$$\begin{aligned} (x, y, z, t)_{\beta_1} &= \\ x(1, 1, 1, 0) + y(1, 0, 0, 0) + z(1, 1, 1, 1) + t(1, 1, 0, 0) &= \alpha(1, 1, 1, 1) + \beta(1, 0, 0, 0) = \\ (x + y + z + t, x + z + t, x + z, z) &= (\alpha + \beta, \alpha, \alpha, \alpha) \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\begin{cases} x + y + z + t = \alpha + \beta, \\ x + z + t = \alpha, \\ x + z = \alpha, \\ z = \alpha. \end{cases}$$

Podemos eliminar los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  y obtener las dos ecuaciones cartesianas requeridas:

$$\begin{cases} t = 0, \\ x = 0. \end{cases}$$

(d) Calcula las ecuaciones cartesianas, una base y la dimensión del subespacio  $S \cap T$  (0,5 puntos).

**Solución.**

Si  $(x, y, z, t) \in S$  entonces:

$$(x, y, z, t) = \alpha(1, 1, 1, 1) + \beta(1, 0, 0, 0) = (\alpha + \beta, \alpha, \alpha, \alpha) \quad \text{y}$$

$$x = 2y, \quad 2z = t.$$

Por lo tanto:

$$\alpha + \beta = 2\alpha \quad \text{y} \quad 2\alpha = \alpha$$

y se obtiene que  $\alpha = \beta = 0$ .

Así que  $S \cap T = (0, 0, 0, 0)$ ,  $\beta_{S \cap T} = \emptyset$ ,  $\dim S \cap T = 0$  y las ecuaciones cartesianas son  $x = y = z = t = 0$ .

(e) Calcula una base y la dimensión de  $S + T$  (0,5 puntos).

**Solución.**

Usando la fórmula de Grassman sabemos que  $\dim S + T = \dim S + \dim T - \dim S \cap T = 2 + 2 - 0 = 4$ , por lo tanto  $S + T = \mathbb{R}^4$  y una base de él puede ser por ejemplo la base canónica usual. Además no se pueden dar ecuaciones en este caso por ser  $S + T$  todo el espacio vectorial.

**Ejercicio 4** (2,5 puntos). Dadas las bases de  $\mathbb{R}^3$ :

$$\beta = \{u_1 = (1, 0, 1), u_2 = (0, 1, 1), u_3 = (1, 0, 0)\}$$

y

$$\beta' = \{v_1 = (1, 0, 5), v_2 = (0, 2, 1), v_3 = (1, 0, 2)\}.$$

Se pide:

1. Calcular la matriz de cambio de base de  $\beta$  a  $\beta'$  (0,6 puntos).

**Solución.** Para calcular esta matriz hace falta obtener las coordenadas de los vectores de la base  $\beta'$  en la base  $\beta$ :

$$v_1 = 5u_1 - 4u_3, \quad v_2 = -u_1 + 2u_2 + u_3, \quad v_3 = 2u_1 - u_3.$$

Ahora disponemos estas coordenadas en una matriz por columnas para obtener la matriz de cambio de base solicitada:

$$M_{\beta\beta'} = \begin{pmatrix} 5 & -1 & 2 \\ 0 & 2 & 0 \\ -4 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

2. Calcular la matriz de cambio de base de  $\beta'$  a  $\beta$  (0,6 puntos).

$$M_{\beta'\beta} = M_{\beta\beta'}^{-1} = \begin{pmatrix} -1/3 & 1/6 & -2/3 \\ 0 & 1/2 & 0 \\ 4/3 & -1/6 & 5/3 \end{pmatrix}$$

3. Calcula, si es posible, la inversa de la suma de las matrices de los dos apartados anteriores (0,6 puntos).

**Solución.**

La matriz solicitada es:

$$\left[ \begin{pmatrix} 5 & -1 & 2 \\ 0 & 2 & 0 \\ -4 & 1 & -1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -1/3 & 1/6 & -2/3 \\ 0 & 1/2 & 0 \\ 4/3 & -1/6 & 5/3 \end{pmatrix} \right]^{-1} = \begin{pmatrix} 1/10 & 1/10 & -1/5 \\ 0 & 2/5 & 0 \\ 2/5 & -1/10 & 7/10 \end{pmatrix}$$

4. Usando alguna de las matrices anteriores calcula las coordenadas del vector  $(-1, 1, 3)_{\beta'}$  en la base  $\beta$  (0,7 puntos).

**Solución.**

$$M_{\beta\beta'} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}_{\beta'} = \begin{pmatrix} 5 & -1 & 2 \\ 0 & 2 & 0 \\ -4 & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}_{\beta'} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}_{\beta}$$


---

# FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS, EXAMEN PARCIAL

INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS

31 DE ENERO DE 2005 9H30MN-13H00MN

Nombre y apellidos:

DNI:

Fila:

Columna:

E-mail:

Pregunta	1	2	3	4	Total
Puntuación					

**Ejercicio 1** (2,5 puntos). Dadas las bases de  $\mathbb{R}^3$ :

$$\beta = \{u_1 = (1, 0, 0), u_2 = (1, 1, 0), u_3 = (1, 1, 1)\}$$

y

$$\beta' = \{v_1 = (1, 2, 1), v_2 = (2, 3, 1), v_3 = (3, 4, 2)\}.$$

Se pide:

1. Calcular la matriz de cambio de base de  $\beta$  a  $\beta'$  (0,6 puntos).

**Solución.** Para calcular esta matriz de cambio de base tenemos que calcular las coordenadas de los vectores de  $\beta'$  en la base  $\beta$ :

$$v_1 = (1, 2, 1) = -u_1 + u_2 + u_3,$$

$$v_2 = (2, 3, 1) = -u_1 + 2u_2 + u_3,$$

$$v_3 = (3, 4, 2) = -u_1 + 2u_2 + 2u_3.$$

Así que la matriz de cambio de base será:

$$M_{\beta\beta'} = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

2. Calcular la matriz de cambio de base de  $\beta'$  a  $\beta$  (0,6 puntos).

**Solución.** Para calcular esta matriz de cambio de base tenemos que calcular las coordenadas de los vectores de  $\beta$  en la base  $\beta'$ :

$$u_1 = (1, 0, 0) = -2v_1 + v_3,$$

$$u_2 = (1, 1, 0) = v_2 - v_1,$$



$$u_3 = (1, 1, 1) = v_3 - v_2.$$

Así que la matriz de cambio de base será:

$$M_{\beta'\beta} = \begin{pmatrix} -2 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

3. Calcula la inversa de la suma de las matrices de los dos apartados anteriores (0,6 puntos).

Denotamos a la matriz suma por  $A$ , es decir:

$$A = M_{\beta\beta'} + M_{\beta'\beta} = \begin{pmatrix} -3 & -2 & -1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}.$$

Ahora calculamos el determinante de  $A$  y la matriz adjunta de  $A$ :

$$\det A = -17,$$

$$\text{Adj } A = \begin{pmatrix} 8 & -1 & -5 \\ 5 & -7 & -1 \\ 1 & 2 & -7 \end{pmatrix}.$$

Así que:

$$A^{-1} = \frac{1}{\det A} (\text{Adj } A)^t = \frac{1}{-17} \begin{pmatrix} 8 & 5 & 1 \\ -1 & -7 & 2 \\ -5 & -1 & -7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{-8}{17} & \frac{-5}{17} & \frac{-1}{17} \\ \frac{1}{17} & \frac{7}{17} & \frac{-2}{17} \\ \frac{5}{17} & \frac{1}{17} & \frac{7}{17} \end{pmatrix}$$

4. Usando alguna de las matrices anteriores calcula las coordenadas del vector  $(-1, 2, 3)_\beta$  en la base  $\beta'$  (0,7 puntos).

**Solución.**

$$M_{\beta'\beta} \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}_\beta = \begin{pmatrix} -2 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}_\beta = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 2 \end{pmatrix}_{\beta'}$$

**Ejercicio 2** (2,5 puntos). Se consideran en  $\mathbb{R}^4$  dos subespacios vectoriales,  $V$  y  $W$ . La definiciones de estos subespacios son las que siguen:

**Definición de  $V$ :**  $V = \langle G \rangle^1$ , donde  $G = \{(0, 1, 1, 0), (1, 0, 0, 1)\}$ .

**Definición de  $W$ :**  $W = \{(x, y, z, t) : y - x + z = 0\}$ .

Responde a las siguientes cuestiones:

- (a) Calcula una base de  $V$  y da su dimensión (0,5 puntos).

**Solución.** Puesto que los vectores de  $G$  son generadores de  $V$  y también linealmente independientes serán una base de  $V$ . Así que tomamos como base:

$$\beta_V = \{(0, 1, 1, 0), (1, 0, 0, 1)\},$$

<sup>1</sup>Recuerda que  $\langle G \rangle$  denota el espacio generado por los vectores de  $G$

y al haber dos elementos en la base se tiene que la dimensión de  $V$  es 2.

- (b) Calcula una base de  $W$  y da su dimensión (0,5 puntos).

**Solución.** Debido a que  $W$  viene definido por una única ecuación se tiene que  $\dim W = 4 - 1 = 3$ . Ahora elegimos tres vectores linealmente independientes que satisfagan la ecuación  $y - x + z = 0$ . Como los vectores  $(0, 1, -1, 0)$ ,  $(1, 0, 1, 0)$  y  $(0, 0, 0, 1)$  son linealmente independientes, satisfacen la ecuación que define a  $W$  y la dimensión de  $W$  es tres, podemos elegir la base:

$$\beta_W = \{(0, 1, -1, 0), (1, 0, 1, 0), (0, 0, 0, 1)\}$$

- (c) Calcula las ecuaciones cartesianas del subespacio  $V$  respecto de la base de  $\mathbb{R}^4$  que sigue

$$\mathcal{B}_1 = \{(1, 1, 1, 0), (1, 1, 0, 0), (1, 0, 0, 0), (1, 1, 1, 1)\} \quad (0,5 \text{ puntos}).$$

**Solución.** Se trata de encontrar las ecuaciones que satisfacen las coordenadas de un vector  $(x, y, z, t)_{\mathcal{B}_1} \in W$ . Sabemos pues que:

$$(x, y, z, t)_{\mathcal{B}_1} = x(1, 1, 1, 0) + y(1, 1, 0, 0) + z(1, 0, 0, 0) + t(1, 1, 1, 1) = \\ \alpha(0, 1, 1, 0) + \beta(1, 0, 0, 1)$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} x + y + z + t &= \beta, \\ x + y + t &= \alpha, \\ x + t &= \alpha, \\ t &= \beta. \end{aligned}$$

Por otro lado el número necesario de ecuaciones necesarias para describir el subespacio  $V$  son  $4 - \dim V = 4 - 2 = 2$ .

Así que las dos ecuaciones que buscamos son:

$x + y + z = 0$  se obtiene restando las ecuaciones primera y cuarta anteriores,

$y = 0$  se obtiene restando las ecuaciones segunda y tercera anteriores.

- (d) Calcula las ecuaciones cartesianas, una base y la dimensión del subespacio  $V \cap W$  (0,5 puntos).

**Solución.** Empezamos calculando las ecuaciones cartesianas que satisfacen las coordenadas de un vector  $\mathbf{v} = (x, y, z, t) \in V \cap W$ .

Ya que  $\mathbf{v} \in V$ , se tiene que  $v = \alpha(0, 1, 1, 0) + \beta(1, 0, 0, 1) = (\beta, \alpha, \alpha, \beta)$ .

Ahora por verificarse también que  $\mathbf{v} \in W$  se tiene que  $x - y + z = \beta - \alpha + \alpha = 0 \Rightarrow \beta = 0$ .

Por lo tanto  $\mathbf{v} = \alpha(0, 1, 1, 0)$ . Esto quiere decir que  $V \cap W = \langle (0, 1, 1, 0) \rangle$  y por lo tanto  $\beta_{V \cap W} = \{(0, 1, 1, 0)\}$  y  $\dim V \cap W = 1$ .

(e) Calcula una base y la dimensión de  $V + W$  (0,5 puntos).

**Solución.** Utilizando la fórmula de Grassman tenemos que:

$$\dim V + W = \dim V + \dim W - \dim V \cap W = 2 + 3 - 1 = 4.$$

Por lo tanto  $V + W = \mathbb{R}^4$  y una base de la suma es la base canónica:

$$\beta_{V+W} = \{(1, 0, 0, 0), (0, 1, 0, 0), (0, 0, 1, 0), (0, 0, 0, 1)\}.$$

**Ejercicio 3** (2,5 puntos). Sea  $f : \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal definida por:

$$f(1, 1, 1, 1) = (0, 0, 1) \quad f(1, 0, 1, 0) = (1, 1, 0)$$

$$f(1, 1, 1, 0) = (0, 0, -1) \quad f(-1, -2, 0, 0) = (1, 1, 2)$$

Se pide calcular:

1. La matriz de  $f$  respecto a las bases canónicas.

**Solución.** Para responder a esta pregunta hay que calcular las imágenes por  $f$  de los vectores de la base canónica de  $\mathbb{R}^4$ :

$$f(e_1) = f(-2v_2 + 2v_3 - v_4) = -2f(v_2) + 2f(v_3) - f(v_4) = (1, 1, 0),$$

$$f(e_2) = f(v_2 - v_3) = f(v_2) - f(v_3) = (-1, -1, -1),$$

$$f(e_3) = f(2v_2 - v_3 + v_4) = 2f(v_2) - f(v_3) + f(v_4) = (0, 0, 0),$$

$$f(e_4) = f(v_1 - v_2) = f(v_1) - f(v_2) = (0, 0, 2).$$

Así que:

$$M_{B_c^4 B_c^3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 2 \end{pmatrix}.$$

2. La dimensión y ecuaciones de  $\text{Ker}(f)$  e  $\text{Im}(f)$ .

**Solución.**

**Ker (f)**

Los vectores de  $\text{Ker}(f)$  son aquellos que satisfacen

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

La matriz asociada al sistema tiene rango 2 puesto que las dos primeras filas son iguales. Por lo tanto la dimensión de  $\text{Ker}(f)$  es  $4 - 2 = 2$  y las ecuaciones son:

$$x - y = 0,$$

$$-y + 2t = 0.$$

**Im (f)**

Teniendo en cuenta la fórmula  $\dim \mathbb{R}^4 = \dim \text{Ker } f + \dim \text{Im } f$  se tiene que  $\dim \text{Im } f = 4 - 2 = 2$ .

De las columnas de la matriz asociada a  $f$  (que son un sistema generador de  $\text{Im } f$ ) podemos extraer una base:

$$\beta_{\text{Im } f} = \{(1, 1, 0), (0, 0, 1)\}.$$

Ahora sabemos que si  $(x, y, z) \in \text{Im } f$  entonces  $(x, y, z) = \alpha(1, 1, 0) + \beta(0, 0, 1)$ . Por lo tanto:

$$x = \alpha,$$

$$y = \alpha,$$

$$z = \beta.$$

Ahora teniendo en cuenta que sólo necesitamos una ecuación para determinar a  $\text{Im } f$  (porque el número de ecuaciones es igual a  $\dim \mathbb{R}^3 - \dim \text{Im } f$ ), si restamos a la segunda ecuación anterior la primera obtenemos la ecuación que define a  $\text{Im } f$ :

$$y - x = 0.$$

3. La matriz de  $f$  respecto de la base canónica de  $\mathbb{R}^4$  y la base de  $\mathbb{R}^3$  siguiente

$$\mathcal{B} = \{(1, 1, 1), (1, 0, 1), (1, 1, 0)\}.$$

### Solución.

Teniendo en cuenta el diagrama:

$$\begin{array}{ccc} (\mathbb{R}^4, \beta_c^4) & \xrightarrow{f} & (\mathbb{R}^3, \beta_c^3) \\ \text{Id} \uparrow & & \downarrow \text{Id} \\ (\mathbb{R}^4, \beta_c^4) & \xrightarrow{f} & (\mathbb{R}^3, \beta) \end{array}$$

deducimos:

$$\begin{aligned} M_{\beta_c^3 \beta}(f) &= M_{\beta_c^3 \beta}(\text{Id}) M_{\beta_c^4 \beta_c^3}(f) M_{\beta_c^4 \beta_c^4}(\text{Id}) = M_{\beta_c^3 \beta} M_{\beta_c^4 \beta_c^3}(f) M_{\beta_c^4 \beta_c^4} = \\ M_{\beta_c^3 \beta}^{-1} M_{\beta_c^4 \beta_c^3}(f) M_{\beta_c^4 \beta_c^4} &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \\ & \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -2 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

4. La matriz de  $f$  respecto de las bases  $\mathcal{B}_1 = \{(1, 1, 1, 0), (1, 1, 0, 0), (1, 0, 0, 0), (1, 1, 1, 1)\}$  de  $\mathbb{R}^4$  y  $\mathcal{B}_2 = \{(1, 1, 1), (0, 1, 1), (0, 0, 1)\}$  de  $\mathbb{R}^3$ .

Teniendo en cuenta el diagrama:

$$\begin{array}{ccc} (\mathbb{R}^4, \beta_c^4) & \xrightarrow{f} & (\mathbb{R}^3, \beta_c^3) \\ \text{Id} \uparrow & & \downarrow \text{Id} \\ (\mathbb{R}^4, \beta_1) & \xrightarrow{f} & (\mathbb{R}^3, \beta_2), \end{array}$$

deducimos:

$$\begin{aligned} M_{\beta_1\beta_2}(f) &= M_{\beta_c^3\beta_2}(\text{Id})M_{\beta_c^4\beta_c^3}(f)M_{\beta_1\beta_c^4}(\text{Id}) = M_{\beta_2\beta_c^3}M_{\beta_c^4\beta_c^3}(f)M_{\beta_c^4\beta_1} = \\ M_{\beta_c^3\beta_2}^{-1}M_{\beta_c^4\beta_c^3}(f)M_{\beta_c^4\beta_1} &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \\ & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

**Ejercicio 4** (2,5 puntos). 1. Determina si la matriz  $A = \begin{pmatrix} 3 & -2 & 2 \\ 2 & -1 & 2 \\ 2 & -2 & 3 \end{pmatrix}$  es diagonalizable.

En caso de que sea diagonalizable da la matriz diagonal y la matriz de paso que la diagonaliza (1,25 puntos).

**Solución.**

Para empezar calculamos el polinomio característico de la matriz  $A$ :

$$p_A(x) = |A - xI_3| = \begin{vmatrix} 3-x & -2 & 2 \\ 2 & -1-x & 2 \\ 2 & -2 & 3-x \end{vmatrix} = 3 - 7x + 5x^2 - x^3 = -(x-3)(x-1)^2$$

Calculamos el espectro de  $A$  resolviendo la ecuación  $p_A(x) = 0$  que tiene como soluciones a 1 y a 3. Por lo tanto  $\sigma_A(x) = \{1, 3\}$ ,  $m(1) = 2$  y  $m(3) = 1$ .

Para ver si la matriz es diagonalizable sólo debemos comprobar que  $\dim V_1 = m(1) = 2$  porque la igualdad  $\dim V_3 = m(3)$  se satisface por ser  $m(3) = 1$ .

La matriz  $A - 1I_3 = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \end{pmatrix}$  tiene, claramente, rango 1. Así que  $\dim V_1 = 3 - \text{rg}(A - I_3) = 3 - 1 = 2 = m(1)$ .

Por lo tanto hemos demostrado que la matriz  $A$  es diagonalizable. Encontramos una matriz de paso que la diagonaliza y la matriz diagonal. Para ello es necesario encontrar bases de los subespacios vectoriales  $V_1$  y  $V_3$ .

$V_1$  es el espacio de vectores que satisface la ecuación:

$$\begin{pmatrix} 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

y los vectores  $(1, 1, 0)$  y  $(0, 1, 1)$  satisfacen esta ecuación y son linealmente independientes. Así que una base de  $V_1$  es:

$$\beta_{V_1} = \{(1, 1, 0), (0, 1, 1)\}.$$

$V_3$  es el espacio de vectores que satisface la ecuación:

$$\begin{pmatrix} 0 & -2 & 2 \\ 2 & -4 & 2 \\ 2 & -2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

y el vector  $(1, 1, 0)$  satisface esta ecuación, por lo que una base de  $V_3$  es:

$$\beta_{V_3} = \{(1, 1, 1)\}.$$

Si tomamos como matriz diagonal  $D = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$  entonces una matriz de paso

será:  $P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ . La inversa de esta matriz es:  $P^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$  y se

verifica la igualdad:

$$D = P^{-1}AP.$$

2. Calcula un valor aproximado de  $\sin \frac{1}{10}$  con un error menor de  $10^{-4}$  (1,25 puntos).

**Solución.**

Para responder a este apartado hay que usar el desarrollo de Taylor de la función  $f(x) = \sin x$  centrado en el punto  $a = 0$ :

$$\sin x = f(0) + \frac{f'(0)}{1!}x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \frac{f'''(0)}{3!}x^3 + \dots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n + \frac{f^{(n+1)}(\xi)}{(n+1)!}x^{n+1},$$

donde  $\xi \in (0, x)$ .

Haremos la aproximación

$$\sin \frac{1}{10} = f(0) + \frac{f'(0)}{1!} \frac{1}{10} + \frac{f''(0)}{2!} \left(\frac{1}{10}\right)^2 + \frac{f'''(0)}{3!} \left(\frac{1}{10}\right)^3 + \dots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!} \left(\frac{1}{10}\right)^n$$

cuando

$$|E| = \left| \frac{f^{(n+1)}(\xi)}{(n+1)!} \left(\frac{1}{10}\right)^{n+1} \right| < 10^{-4}.$$

Calculamos primero el valor adecuado de  $n$ .

$$|E| = \left| \frac{f^{(n+1)}(\xi)}{(n+1)!} \left(\frac{1}{10}\right)^{n+1} \right| \leq \frac{1}{10^{n+1}(n+1)!} < 10^{-4}.$$

Para que se satisfaga la desigualdad de la interrogación basta con tomar  $n = 3$ . Así que aproximamos el valor de  $\sin \frac{1}{10}$  por:

$$\begin{aligned} \sin \frac{1}{10} &\approx \sin(0) + \cos(0) \frac{1}{10} + \frac{-\sin(0)}{2!} \left(\frac{1}{10}\right)^2 + \frac{-\cos(0)}{3!} \left(\frac{1}{10}\right)^3 = \\ &\frac{1}{10} - \frac{1}{3!} \left(\frac{1}{10}\right)^3 = \frac{600 - 1}{6000} = \frac{599}{6000} = 0,09983. \end{aligned}$$

---

### Observaciones:

1. Aquellos que sacaron más de un 3 en el examen anterior pueden elegir responder sólo a las preguntas 3 y 4 y obtener su nota del parcial como la media entre los dos exámenes, siempre y cuando en este examen saquen más de un 3.
2. Empezad cada pregunta en una cara nueva de un folio.
3. No se puede fumar durante el desarrollo de la prueba.
4. La duración del examen es 3 horas y media.
5. No es obligatorio presentar el examen.

# FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS, EXAMEN PARCIAL

INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS  
11 DE ENERO DE 2005 16H00MN-18H30MN

Nombre y apellidos:

DNI:

Pregunta	1	2	Total
<b>Puntuación</b>			

**Ejercicio 1** (5 puntos).      **(Apartado A. 4 puntos):** Sea  $A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 1 & 4 & 1 \\ 2 & 5 & 2\alpha \end{pmatrix}$  y  $b = \begin{pmatrix} 1 \\ \beta \\ -2 \end{pmatrix}$ .

Se pide:

1. Calcular el determinante de la matriz  $A$  (1,5 punto).

**Solución.**

$$|A| = \begin{vmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 1 & 4 & 1 \\ 2 & 5 & 2\alpha \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & -7 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & -3 & 2\alpha - 2 \end{vmatrix} = -7 \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & -3 & 2\alpha - 2 \end{vmatrix} = -7 \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 0 & 2\alpha - 2 \end{vmatrix} =$$

$$7 \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2\alpha - 2 \end{vmatrix} = 14\alpha - 14$$

2. Discutir el sistema (1,5 puntos)

$$\begin{cases} 2x + y + 2z = 1 \\ x + 4y + z = \beta \\ 2x + 5y + 2\alpha z = -2 \end{cases}$$

**Solución.**

- Si  $14\alpha - 14 \neq 0$ , es decir  $\alpha \neq 1$ , entonces  $\text{rg } A = \text{rg } (A|b) = 3$  y el sistema es compatible determinado.
- Ahora si  $\alpha = 1$  veamos qué pasa.

$$(A|b) = \left( \begin{array}{ccc|c} 2 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 4 & 1 & \beta \\ 2 & 5 & 2 & -2 \end{array} \right) \sim \left( \begin{array}{ccc|c} 0 & -7 & 0 & 1 - 2\beta \\ 1 & 4 & 1 & \beta \\ 0 & -3 & 0 & -2 - 2\beta \end{array} \right)$$

$$\sim \left( \begin{array}{ccc|c} 0 & 21 & 0 & 6\beta - 3 \\ 1 & 4 & 1 & \beta \\ 0 & -21 & 0 & -14 - 14\beta \end{array} \right) \sim \left( \begin{array}{ccc|c} 0 & 21 & 0 & 6\beta - 3 \\ 1 & 4 & 1 & \beta \\ 0 & 0 & 0 & -17 - 8\beta \end{array} \right).$$

Dependiendo de los valores de  $\beta$  tenemos:

- a) Si  $-17 - 8\beta = 0$ , es decir  $\beta = \frac{-17}{8}$ , entonces el sistema es compatible indeterminado ya que  $\text{rg } A = 2 = \text{rg } (A|b)$ .
  - b) Si  $\beta \neq \frac{-17}{8}$ , es decir  $-17 - 8\beta \neq 0$ , entonces el sistema es incompatible porque  $\text{rg } A = 2 \neq \text{rg } (A|b) = 3$ .
3. Resolver el sistema anterior cuando es compatible e indeterminado (1 punto).

Se trata de resolver el sistema que tiene como matriz asociada ampliada la siguiente:

$$\left( \begin{array}{ccc|c} 0 & 21 & 0 & -75/8 \\ 1 & 4 & 1 & \frac{-17}{8} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right).$$



Necesitamos un parámetro para la resolución del sistema, tomaremos  $x = \lambda$ . De la primera ecuación se tiene  $y = \frac{-75}{168} = -\frac{25}{56}$  y finalmente, de la segunda:  $z = \frac{-17}{8} - \lambda + 4\frac{25}{56} = \frac{-119-56\lambda+100}{56} = \frac{-19-56\lambda}{56}$ .

**(Apartado B. 1 punto):** Dadas las bases de  $\mathbb{R}^3$ :

$$\beta = \{u_1 = (1, 0, 0), u_2 = (1, 1, 0), u_3 = (1, 1, 1)\}$$

y

$$\beta' = \{v_1 = (1, 1, 1), v_2 = (1, 1, 0), v_3 = (1, 0, 0)\}.$$

Se pide:

1. Calcular la matriz de cambio de base de  $\beta$  a  $\beta'$  (0,5 puntos).

**Solución.**

Para construir esta matriz necesitamos calcular las coordenadas de los vectores  $v_i$  en la base  $\beta$ . Es evidente que estas coordenadas son:

$$v_1 = u_3 = (0, 0, 1)_\beta, \quad v_2 = u_2 = (0, 1, 0)_\beta, \quad v_3 = u_1 = (1, 0, 0)_\beta.$$

Así que:

$$M_{\beta\beta'} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

2. Usando la matriz anterior calcula las coordenadas del vector  $(1, 2, 3)_{\beta'}$  en la base  $\beta$  (0,5 puntos).

**Solución.**

Llamemos  $(x, y, z)_\beta$  a las coordenadas del vector  $(1, 2, 3)_{\beta'}$  en la base  $\beta$ . Entonces:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_\beta = M_{\beta\beta'} \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}_{\beta'} = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}_\beta.$$

Hemos obtenido que las coordenadas son  $(3, 2, 1)_\beta$ .

**Ejercicio 2** (5 puntos). Se consideran en  $\mathbb{R}^4$  los subespacios vectoriales generados por  $S_1 = \{(1, 1, 1, 1), (1, -1, -1, 1)\}$  y  $S_2 = \{(1, 1, 0, 1), (1, 2, -1, -2), (3, 5, -2, 5)\}$  respectivamente. Calcular:

- (a) Bases y dimensiones de  $L(S_1)$  y  $L(S_2)$  (2 puntos).

**Solución.**

- **Subespacio  $L(S_1)$ .** Como los vectores de  $S_1$  son linealmente independientes además de generadores tenemos que  $\beta_{L(S_1)} = \{(1, 1, 1, 1), (1, -1, -1, 1)\}$  y la dimensión de  $L(S_1)$  será 2.
- **Subespacio  $L(S_2)$ .** Ponemos los vectores de  $S_2$  en una matriz por filas y hacemos combinaciones lineales por filas para extraer un subconjunto linealmente independiente.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & -1 & -2 \\ 3 & 5 & -2 & 5 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & -3 \\ 0 & 2 & -2 & 2 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & -3 \\ 0 & 0 & 0 & 8 \end{pmatrix}$$

Como esta matriz tiene rango 3 los tres vectores son linealmente independientes y se puede tomar como base las filas de cada una de las tres matrices anteriores. Tomaremos:

$$\beta_{L(S_2)} = \{(1, 1, 0, 1), (0, 1, -1, -3), (0, 0, 0, 8)\}.$$

En este caso la dimensión del espacio es 3.

(b) Ecuaciones cartesianas de ambos subespacios (1,5 puntos).

**Solución.**

■ **Subespacio  $L(S_1)$ .**

Es conveniente tener en cuenta que necesitamos 2 ecuaciones (dimensión de  $\mathbb{R}^4$  menos dimensión de  $L(S_1)$ ) linealmente independientes. Cualquier vector  $(x, y, z, t) \in L(S_1)$  debe satisfacer para ciertos  $\alpha$  y  $\beta$  la igualdad:

$$(x, y, z, t) = \alpha(1, 1, 1, 1) + \beta(1, -1, -1, 1),$$

es decir:

$$\begin{cases} x = \alpha + \beta, \\ y = \alpha - \beta, \\ z = \alpha - \beta, \\ t = \alpha + \beta. \end{cases}$$

Por lo tanto obtenemos las ecuaciones restando a la última la primera y a la tercera la segunda:

$$\begin{cases} t - x = 0, \\ z - y = 0. \end{cases}$$

■ **Subespacio  $L(S_2)$ .** Ahora necesitamos 1 ecuación para describir a este subespacio. Cualquier vector de  $L(S_2)$  satisface para determinados  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ :

$$(x, y, z, t) = \alpha(1, 1, 0, 1) + \beta(0, 1, -1, -3) + \gamma(0, 0, 0, 8),$$

es decir:

$$\begin{cases} x = \alpha, \\ y = \alpha + \beta, \\ z = -\beta, \\ t = \alpha - 3\beta + 8\gamma. \end{cases}$$

Por último obtenemos la ecuación cartesiana de este subespacio restando a la segunda ecuación la primera y sumando la tercera:

$$y - x + z = 0.$$

(c) Calcular las ecuaciones cartesianas y bases de  $L(S_1) \cap L(S_2)$  y  $L(S_1) + L(S_2)$  (1,5 puntos).

■ **Subespacio  $L(S_1) \cap L(S_2)$ .** Las ecuaciones de este espacio son:

$$\begin{cases} t - x = 0, \\ z - y = 0, \\ y - x + z = 0. \end{cases}$$

La matriz ampliada asociada al sistema es:

$$(A|b) = \left( \begin{array}{cccc|c} -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right)$$

Ahora la dimensión de la intersección se calcula restando a la dimensión del espacio ambiente el rango de la matriz  $A$ . Así que la dimensión de  $L(S_1) \cap L(S_2)$  es  $4 - \text{rg } A = 4 - 3 = 1$ .

Una base de  $L(S_1) \cap L(S_2)$  será cualquier vector de la intersección. Por ejemplo:

$$\beta_{L(S_1) \cap L(S_2)} = \{(2, 1, 1, 2)\}$$

■ **Subespacio  $L(S_1) + L(S_2)$ .** Usando la fórmula de Grassman tenemos:

$$\dim L(S_1) + L(S_2) = \dim L(S_1) + \dim L(S_2) - \dim L(S_1) \cap L(S_2) = 2 + 3 - 1 = 4.$$

$L(S_1) + L(S_2) = \mathbb{R}^4$  y por lo tanto los vectores de este espacio no satisfacen ninguna ecuación. Una base de este espacio es, por ejemplo, la base canónica:

$$\beta_{L(S_1)+L(S_2)} = \{(1, 0, 0, 0), (0, 1, 0, 0), (0, 0, 1, 0), (0, 0, 0, 1), \}.$$

---

# Fundamentos matemáticos de la ingeniería, primer parcial.

Escuela de ingeniería técnica civil. I.T. Minas.

13 de diciembre de 2002 16h00mn-19h30mn.

**Ejercicio 1 (1 punto).** a. Define lo que entiendes por *espacio generador, sistema de vectores linealmente independientes y base* de un espacio vectorial  $V$  sobre el cuerpo  $\mathbb{K}$ .

b. Calcula el polinomio de Taylor centrado en  $x = 0$  y de orden 4 de la función  $f(x) = \operatorname{sen}x + \operatorname{cos}x$ .

c. Expresa en términos de  $\det A$  el determinante de la matriz  $A^{-1}$ .

**Ejercicio 2 (2 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  la aplicación cuya matriz asociada en las bases canónicas es:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ -1 & 2 & -2 \end{pmatrix}^t$$

Calcula:

1. La expresión analítica de  $f$  en la base canónica. (0,3 puntos)
2. Ecuaciones cartesianas de  $\operatorname{Ker}(f)$  (mínimo número posible). (0,3 puntos)
3. Base de  $\operatorname{Ker}(f)$ . (0,2 puntos)
4. Base de  $\operatorname{Im}(f)$  y rango de  $f$ . (0,2 puntos)
5. Ecuaciones cartesianas de  $\operatorname{Im}(f)$  (sólo una). (0,4 puntos)
6. La matriz de  $f$  respecto de la base  $\beta_1 = \{(1, 1, 1), (1, 0, 1), (1, 0, 0)\}$ , es decir,  $M_{\beta_1\beta_1}(f)$ . (0,6 puntos)

**Ejercicio 3 (2 puntos).** 1. (1'5 puntos) Estudiar si es diagonalizable o no la matriz que damos a continuación. Caso de ser diagonalizable calcular la matriz de paso y la matriz diagonal.

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 2 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

2. (0'5 puntos) Calcular el determinante de la matriz  $B = (\det A) A^{-1} + A$ , siendo

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 4 (0,5 puntos).** Calcula el polinomio de Taylor de la función  $f(x) = e^{x+1}$  en el punto  $x = 0$ , de grado el necesario para obtener una aproximación de  $e^{1+\frac{1}{10}}$  con un error máximo de  $10^{-3}$  (da dicha aproximación).

---

**Observaciones:**

Prohibido fumar durante toda la prueba.

Poned en todos los folios que utilizéis vuestro nombre, apellidos y D.N.I.

# Fundamentos matemáticos de la ingeniería, primer parcial.

Escuela de ingeniería técnica civil. I.T. Minas.

16 de septiembre de 2002 9h30mn-13h00mn.

**Ejercicio 1 (0.5 pt. por apartado).** a. Define lo que entiendes por aplicación lineal y rango de una aplicación lineal.

b. Calcula el polinomio de Taylor centrado en  $x = 0$  y de orden 5 de la función  $f(x) = x^3 - x^7$ .

c. ¿Es el conjunto  $V = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : z^2 + y = 0\}$  un subespacio vectorial de  $\mathbb{R}^3$ ? Justifica tu respuesta.

d. Dada una matriz  $A \in \mathcal{M}_{n \times n}(\mathbb{R})$ , define lo que se entiende por polinomio característico y espectro de la matriz  $A$  (denotados por  $p_A(x)$  y  $\sigma_A$  respectivamente).

**Ejercicio 2 (2 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  la aplicación cuya matriz asociada en las bases canónicas es:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & 2 \end{pmatrix}$$

Calcula:

1. La expresión analítica de  $f$  en la base canónica. (0,3 puntos)

2. Ecuaciones cartesianas de  $\text{Ker}(f)$  (sólo dos). (0,2 puntos)

3. Base de  $\text{Ker}(f)$ . (0,2 puntos)

4. Base de  $\text{Im}(f)$ . (0,2 puntos)

5. Ecuaciones cartesianas de  $\text{Im}(f)$  (sólo una). (0,4 puntos)

6. La matriz de  $f$  respecto de la base  $\beta_1 = \{(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 0)\}$ , es decir,  $M_{\beta_1 \beta_1}(f)$ . (0,5 puntos)

7. rango de  $f$  (0,2 puntos).

**Ejercicio 3 (2 puntos; 2/3 puntos por apartado).**

Dados los subespacios de  $\mathbb{R}^3$

$$S = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : 2x + z = 0, x - y = 0\},$$

$$T = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : x + y + z = 0\}$$

calcular:

(a) Una base y la dimensión de  $S$  y  $T$ .

(b) Calcular  $S \cap T$  y  $S + T$ , dando una base de dichos subespacios.

(c) ¿Es la suma  $S + T$  directa?

**Ejercicio 4 (2 puntos).** 1. (1'5 puntos) Estudiar si es diagonalizable o no la matriz que damos a continuación. Caso de ser diagonalizable calcular la matriz de paso y la matriz diagonal.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

2. (0'5 puntos) Calcular  $\det(A^{-1} + B)$ , siendo

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \\ 3 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 5 (2 puntos).** 1. ( $\frac{2}{3}$  puntos) ¿Qué error máximo cometemos aproximando  $\cos(x)$  por  $1 - \frac{x^2}{2} + \frac{x^4}{4!}$  en el intervalo  $[0, 1]$ ?

2. ( $\frac{2}{3}$  puntos) Calcular el valor del número  $e^{\frac{1}{10}}$  con un error máximo de  $10^{-3}$ .

3. ( $\frac{2}{3}$  puntos) Calcular  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^2 - \sin^2 x}{x^2 \sin^2 x}$

## Observaciones:

No se puede fumar durante toda la prueba.

Poned en todos los folios que utilizéis vuestro nombre, apellidos y D.N.I.



**Ingeniería Técnica de Obras Públicas**  
**Fundamentos Matemáticos**  
**2 de febrero de 2006, 9h30mn-12h30mn**

Nombre y apellidos:	
DNI:	
Fila:	
Columna:	
E-mail:	
Teléfono:	

Pregunta	1	2	3	4	5	Total
Puntuación						

Observaciones

- Tienes que entregar la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un folio nuevo y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila y columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final de cada uno de los apartados** debe estar dentro de un **recuadro fácil de identificar**, en el que debéis poner el número del apartado.
- Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística.

**PRIMER PARCIAL: ALGEBRA LINEAL**

**Ejercicio 1 (Diagonalización, 2.5 puntos).** De una matriz diagonalizable  $A$  sabemos que tiene como polinomio característico  $p(x) = (x - 1)(x - 3)^2(x + 1)$ . Responde a las siguientes cuestiones:

1. ¿Cuál es la dimensión del subespacio  $\{x \in \mathbb{R}^3 : Ax = 3x\}$ ? (0,5 puntos)

**Solución:**

Por ser la matriz diagonalizable se tiene que la dimensión del subespacio anterior  $V_3$  coincide con la multiplicidad de 3 en el polinomio característico. Así que  $\dim V_3 = 2$ .

2. ¿Cuál es el determinante de  $A$ ? ¿Por qué? (0,5 puntos)

**Solución:**

Por ser la matriz  $A$  diagonalizable se tiene que  $P^{-1}AP = D$ , así que  $|P^{-1}AP| = |P^{-1}||A||P| = |P|^{-1}|A||P| = |A| = |D| \Rightarrow |A| = |D|$ . Así que  $|A| = 3 \cdot 3 \cdot 1 \cdot (-1) = -9$ .

3. Escribe una matriz diagonal,  $D$ , para  $A$  (0,5 puntos).

**Solución:**

$$D = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

4. ¿Cuál es el tamaño de la matriz  $A$ ? (0,5 puntos)

**Solución:**

El tamaño es el mismo que el tamaño de  $D$ , es decir,  $4 \times 4$ .

5. De los subespacios invariantes  $V_1, V_3$  y  $V_{-1}$  conocemos unas bases:  $\beta_{V_1} = \{(1, 0, 0, 0)\}$ ,  $\beta_{V_3} = \{(1, 1, 1, 0), (1, 1, 1, 1)\}$  y  $\beta_{V_{-1}} = \{(1, 1, 0, 0)\}$ . Da la matriz de paso  $P$  tal que  $D = P^{-1}AP$  (0,5 puntos).

**Solución:**

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 2 (2,5 puntos).** ■ Se consideran los siguientes conjuntos de vectores:

$$\beta_A = \{v_1 = (1, 1, 1), v_2 = (0, 1, 1), v_3 = (1, 0, 1)\},$$

$$\beta_C = \{w_1 = (1, 1, 0), w_2 = (0, 1, 1), w_3 = (0, 0, 1)\}, \quad B = \{(2, 2, 1)_{\beta_C}\}$$

y se pide:

6. Calcular la matriz de cambio de base de la base  $\beta_A$  a la base canónica, es decir  $M_{\beta_A\beta_C}$  (0,5 puntos).

**Solución:**

Esta matriz se construye poniendo por columnas las coordenadas de los vectores de la base  $\beta_C$  respecto a  $\beta_A$ . Calculamos esas coordenadas:

- $w_1 := (1, 1, 0) = 2v_1 - v_2 - v_3 = (2, -1, -1)_{\beta_A}$ ,
- $w_2 := (0, 1, 1) = v_2 = (0, 1, 0)_{\beta_A}$ ,
- $w_3 := (0, 0, 1) = -v_1 + v_2 + v_3 = (-1, 1, 1)_{\beta_A}$ .

Así que:

$$M_{\beta_A\beta_C} = \begin{pmatrix} 2 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

7. Calcular la matriz de cambio de base de la base  $\beta_C$  a la base  $\beta_A$ , es decir  $M_{\beta_C\beta_A}$  (0,5 puntos).

**Solución:**

Esta matriz se construye poniendo por columnas las coordenadas de los vectores de la base  $\beta_A$  respecto a  $\beta_C$ .

- $v_1 := (1, 1, 1) = w_1 + w_3 = (1, 0, 1)_{\beta_C}$ ,

- $v_2 := (0, 1, 1) = w_2 = (0, 1, 0)_{\beta_C}$ ,
- $v_3 := (1, 0, 1) = w_1 - w_2 + 2w_3 = (1, -1, 2)_{\beta_C}$ ,

así que:

$$M_{\beta_C\beta_A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$$

8. Dar las coordenadas de los vectores del conjunto  $B$  en la base  $\beta_A$  (0,3 puntos).

**Solución:**

Usando la matriz  $M_{\beta_A\beta_C}$  es fácil calcular esas coordenadas:

- $[M_{\beta_A\beta_C}(2, 2, 1)_{\beta_C}^t]^t = (3, 1, -1)_{\beta_A}$ .

Por lo tanto:

$$B = \{(3, 1, -1)_{\beta_A}\}.$$

9. Calcular las ecuaciones del subespacio  $\langle B \rangle$  respecto de la base  $\beta_A$  (0,5 puntos).

**Solución:**

Antes de nada tenemos claro que se necesita 1 ecuación (dimensión de  $\mathbb{R}^3$ -dimensión de  $\langle B \rangle$ ).

Un vector  $(x, y, z)_{\beta_A} \in \langle B \rangle$  si y sólo si

$$\begin{aligned} (x, y, z)_{\beta_A} &= \alpha(3, 1, -1)_{\beta_A} = (3\alpha, \alpha, -\alpha)_{\beta_A} \\ \Rightarrow \begin{cases} x = 3\alpha, \\ y = \alpha, \\ z = -\alpha \end{cases} &\Rightarrow \boxed{\begin{cases} x - 3y = 0, \\ y + z = 0. \end{cases}} \end{aligned}$$

- Calcula el límite siguiente usando desarrollos de Taylor:

10.  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{2\operatorname{sen}x^4}{1 - \cos(x^2)}$  (0,7 puntos).

**Solución:**

Hacemos desarrollos de Taylor del numerador y denominador de orden 4:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{2x^4 + o(x^4)}{1 - 1 + x^4/2 + o(x^4)} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{2 + \frac{o(x^4)}{x^4}}{\frac{1}{2} + \frac{o(x^4)}{x^4}} = 4.$$

## SEGUNDO PARCIAL: CÁLCULO

**Ejercicio 3 (2,5 puntos).** Sea  $f : \Omega \subset \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  un campo de vectores. Define los siguientes conceptos:

(3.1) Derivada de  $f$  en un punto  $a \in \Omega$  en la dirección de un vector no nulo  $u \in \mathbb{R}^n$  (0,5 puntos).

(3.2) Diferencial de  $f$  en un punto  $a \in \Omega$  (0,5 puntos).



¿Qué relación existe entre la diferencial de  $f$  en  $a$  y la derivada de  $f$  en  $a$  en la dirección de un vector  $u$ ? (0,25 puntos)

Como aplicación para  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ , definida por

$$f(x, y) = \begin{cases} x^2 y \cos(\frac{1}{x}) & \text{si } x \neq 0, \\ 0 & \text{si } x = 0. \end{cases}$$

Se pide:

(3.3) Estudiar la diferenciabilidad en  $(0, a)$  con  $a \in \mathbb{R}$  (0,75 puntos).

(3.4) Estudiar si se verifica la igualdad

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x}(x, y) \text{ (0,25 puntos)}.$$

(3.5) ¿Es  $\frac{\partial f}{\partial x}(x, y)$  continua para todo  $(x, y) \in \mathbb{R}^2$ ? (0,25 puntos).

**Ejercicio 4 (2,5 puntos).** (4.1) Sea  $f : [a, b] \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  una función acotada. Define rigurosamente el concepto de integral de Riemann de  $f$  en el intervalo  $[a, b]$  (1 punto).

(4.2) Sea  $\Omega$  el paralelepípedo de vértices  $(-3, 0)$ ,  $(3, 0)$ ,  $(0, -3)$  y  $(0, 3)$ . Calcula  $\int \int_{\Omega} (x+y) dx dy$  (1 punto).

(4.3) Estudia los extremos relativos de la función

$$f(x, y) = \text{sen}(x) + \text{sen}(y) + \text{cos}(x + y)$$

cuando  $x, y \in (0, 2\pi)$  (0,5 puntos).

---



**Ingeniería Técnica de Obras Públicas**  
**Fundamentos Matemáticos**  
**2 de febrero de 2006, 9h30mn-12h30mn**

Nombre y apellidos:	
DNI:	
Fila:	
Columna:	
E-mail:	
Teléfono:	

Pregunta	1	2	3	4	5	Total
Puntuación						

**Ejercicio 1 (2 puntos).** Dada la matriz  $A = \begin{pmatrix} -1 & 3 & 3 \\ -3 & 5 & 3 \\ -3 & 3 & 5 \end{pmatrix}$ , se pide:

1. Calcular el polinomio característico  $p_A$  (0,2 puntos).

**Solución:**

$$p_A(x) = |A - xI_3| = \begin{vmatrix} -1-x & 3 & 3 \\ -3 & 5-x & 3 \\ -3 & 3 & 5-x \end{vmatrix} = 20 - 24x + 9x^2 - x^3 = -(x-5)(x-2)^2$$

2. Calcular el espectro  $\sigma_A$  y especificar la multiplicidad de cada raíz (0,2 puntos).

**Solución:**

$$\sigma_A = \{5, 2\}. \text{ Además } m(5) = 1 \text{ y } m(2) = 2.$$

3. Justificar si la matriz  $A$  es diagonalizable (0,5 puntos).

**Solución:**

Según se vio en teoría, por ser  $m(5) = 1$  entonces  $\dim V_5 = m(5) = 1$ .

Falta ahora por ver, para demostrar que  $A$  es diagonalizable, que  $\dim V_2 = m(2) = 2$ .

$$\text{Pero esto es cierto porque } \dim V_2 = 3 - \text{rg}(A - 2I_3) = 3 - \text{rg} \begin{pmatrix} -3 & 3 & 3 \\ -3 & 3 & 3 \\ -3 & 3 & 3 \end{pmatrix} = 3 - 1 = 2.$$

Por lo tanto  $A$  es una matriz diagonalizable.

4. Dar la matriz diagonal  $D$  (0,3 puntos).

**Solución:**

$$\text{Elijo } D = \begin{pmatrix} 5 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}.$$

5. Dar la matriz de paso  $P$  (0,5 puntos).

**Solución:**

Para dar esta matriz calculamos bases de  $V_5$  y de  $V_2$ .

$$V_5 = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : (A - 5I_3) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \mathbf{0}\}, \text{ es decir } (x, y, z) \in V_5 \text{ si y sólo si}^1$$

$$\begin{cases} -3x + 3z = 0, \\ -3x + 3y = 0. \end{cases}$$

Así que una base de  $V_5$  es  $\beta_5 = \{(1, 1, 1)\}$ .

$$V_2 = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : (A - 2I_3) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \mathbf{0}\}, \text{ es decir } (x, y, z) \in V_2 \text{ si y sólo si}^2$$

$$\{-3x + 3y + 3z = 0 \Rightarrow \{-x + y + z = 0$$

Así que una base de  $V_2$  es  $\beta_2 = \{(0, 1, -1), (1, 1, 0)\}$ .

Ahora obtenemos ya:

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

6. Especificar la relación entre  $A$ ,  $D$  y  $P$  (0,3 puntos).

**Solución:**

$$D = P^{-1}AP.$$

**Ejercicio 2 (1,5 puntos).** Calcula el límite siguiente utilizando desarrollos de Taylor

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin^3(x^2)}{1 - \cos(x^3)}.$$

**Solución:**

Haremos desarrollos de Taylor del numerador y denominador de orden 6:

- $\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + o(x^6),$
- $\sin x^2 = x^2 - \frac{x^6}{3!} + o(x^6),$
- $\sin^3 x^2 = x^6 + o(x^6),$
- $\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + o(x^6),$
- $\cos x^3 = 1 - \frac{x^6}{2!} + o(x^6),$
- $1 - \cos x^3 = \frac{x^6}{2!} + o(x^6).$

---

<sup>1</sup>Fíjate que he quitado la primera ecuación porque  $A - 5I_3$  tiene rango 2 y por lo tanto sólo son necesarias dos ecuaciones linealmente independientes.

<sup>2</sup>Fíjate que me he quedado con una única ecuación porque  $A - 2I_3$  tiene rango 1.

Así que:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^6 + o(x^6)}{\frac{x^6}{2!} + o(x^6)} = \frac{1 + \frac{o(x^6)}{x^6}}{\frac{1}{2!} + \frac{o(x^6)}{x^6}} = 2.$$

**Ejercicio 3 (2 puntos).** Se consideran los siguientes conjuntos de vectores:

$$\beta_A = \{(1, 0, 1), (0, 1, 1), (0, 0, 1)\}, \quad \beta_C = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)\}, \quad B = \{(1, 2, 1), (0, 1, 0)\}$$

y se pide:

1. Comprobar que  $\beta_A$  es una base de  $\mathbb{R}^3$  (0,4 puntos), **Solución:**

Para comprobar que es una base basta con ver que el determinante que de la matriz formada al poner los vectores de  $\beta_A$  por columnas:

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = 1.$$

2. Calcular la matriz de cambio de base de la base  $\beta_A$  a la base canónica, es decir  $M_{\beta_A\beta_C}$  (0,6 puntos).

**Solución:**

Esta matriz se construye poniendo por columnas las coordenadas de los vectores de la base  $\beta_C$  respecto a  $\beta_A$ . Calculamos esas coordenadas (para simplificar la notación denotaremos a los vectores de la base  $\beta_A$  por  $v_1, v_2$  y  $v_3$ ):

- $e_1 = (1, 0, 0) = v_1 - v_3 = (1, 0, -1)_{\beta_A}$ ,
- $e_2 = (0, 1, 0) = v_2 - v_3 = (0, 1, -1)_{\beta_A}$ ,
- $e_3 = (0, 0, 1) = v_3 = (0, 0, 1)_{\beta_A}$ .

Así que:

$$M_{\beta_A\beta_C} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

3. Calcular la matriz de cambio de base de la base  $\beta_C$  a la base  $\beta_A$ , es decir  $M_{\beta_C\beta_A}$  (0,3 puntos).

**Solución:**

Esta matriz se construye poniendo por columnas las coordenadas de los vectores de la base  $\beta_A$  respecto a  $\beta_C$ . Así que:

$$M_{\beta_C\beta_A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

4. Dar las coordenadas de los vectores del conjunto  $B$  en la base  $\beta_A$  (0,3 puntos).

Usando la matriz  $M_{\beta_A\beta_C}$  es fácil calcular esas coordenadas:

- $[M_{\beta_A\beta_C}(1, 2, 1)^t]^t = (1, 2, -2)_{\beta_A}$ .

$$\blacksquare [M_{\beta_A \beta_C}(0, 1, 0)^t]^t = (0, 1, -1)_{\beta_A}.$$

Por lo tanto:

$$B = \{(1, 2, -2)_{\beta_A}, (0, 1, -1)_{\beta_A}\}.$$

5. Calcular las ecuaciones del subespacio  $\langle B \rangle$  respecto de la base  $\beta_A$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Antes de nada tenemos claro que se necesita 1 ecuación (dimensión de  $\mathbb{R}^3$ -dimensión de  $\langle B \rangle$ ).

Un vector  $(x, y, z)_{\beta_A} \in \langle B \rangle$  si y sólo si

$$(x, y, z)_{\beta_A} = \alpha(1, 2, -2)_{\beta_A} + \beta(0, 1, -1)_{\beta_A} = (\alpha, 2\alpha + \beta, -2\alpha - \beta)_{\beta_A}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = \alpha, \\ y = 2\alpha + \beta, \\ z = -2\alpha - \beta \end{cases} \Rightarrow \boxed{y + z = 0}.$$

**Ejercicio 4 (2,5 puntos).** Se considera la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^k$  que verifica:

$$f(1, 0, 1) = (1, 0), \quad f(0, 1, 1) = (2, 3), \quad f(0, 0, 1) = (1, 1).$$

En este ejercicio usaremos la notación  $\beta_A$  para denotar a la base definida en el ejercicio anterior. Además  $\beta_C^3$  y  $\beta_C^2$  serán respectivamente las bases canónicas de  $\mathbb{R}^3$  y  $\mathbb{R}^2$ .

Se pide:

1. Decir quiénes son  $n$  y  $k$  (0,3 puntos).

**Solución:**

$$n = 3 \text{ y } k = 2.$$

2. Calcular  $M_{\beta_A \beta_C^2}(f)$  (0,4 puntos).

**Solución:**

De las imágenes que nos dan de los vectores de  $\beta_A$  obtenemos:

$$M_{\beta_A \beta_C^2}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 3 & 1 \end{pmatrix}.$$

3. Calcular  $M_{\beta_C^3 \beta_C^2}(f)$  (0,8 puntos).

**Solución:**

$$M_{\beta_C^3 \beta_C^2}(f) = M_{\beta_C^2 \beta_C^2} M_{\beta_A \beta_C^2}(f) M_{\beta_A \beta_C^3} =$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

4. Calcular una base y las ecuaciones de  $\text{Ker } f$  (0,6 puntos).

**Solución:**

Un vector  $(x, y, z)$  pertenece a  $\text{Ker } f$  si y sólo si  $M_{\beta_C^3 \beta_C^2}(f)(x, y, z)^t = \mathbf{0}$ . Así que:

$$\begin{cases} y + z = 0, \\ -x + 2y + z = 0. \end{cases}$$

Por lo tanto  $\dim \text{Ker } f = 3 - \text{rg } M_{\beta_C^3 \beta_C^2}(f) = 1$  y  $\beta_{\text{Ker } f} = \{(1, 1, -1)\}$ .

5. Calcular una base y las ecuaciones de  $\text{Im } f$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Sabemos que

$$\text{Im } f = \langle (0, -1), (1, 2), (1, 1) \rangle$$

. Como el primer y segundo vector forman un conjunto de vectores linealmente independientes y maximal entonces  $\beta_{\text{Im } f} = \{(0, -1), (1, 2)\}$ . Así que  $\text{Im } f = \mathbb{R}^2$  y no se pueden dar ecuaciones de este subespacio.

**Ejercicio 5 (2 puntos).** En  $\mathbb{R}^4$  se consideran los subespacios vectoriales:

$$S = \langle (1, 0, 0, 0), (0, 1, 1, 1) \rangle \quad \text{y} \quad T = \{(x, y, z, t) : x = 0, 2y - z - t = 0\}$$

y se pide:

1. Una base, la dimensión y las ecuaciones de  $S$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Los dos vectores que generan  $S$  también son linealmente independientes, por lo tanto son una base de  $S$ :

$$\beta_S = \{(1, 0, 0, 0), (0, 1, 1, 1)\}.$$

Ahora calculamos las ecuaciones que debe satisfacer un vector  $(x, y, z, t) \in S$ :

$$(x, y, z, t) = \alpha(1, 0, 0, 0) + \beta(0, 1, 1, 1) \Rightarrow \begin{cases} x = \alpha, \\ y = \beta, \\ z = \beta, \\ t = \beta \end{cases} \Rightarrow \boxed{\begin{cases} y - z = 0, \\ y - t = 0 \end{cases}}$$

2. Una base y la dimensión de  $T$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Como la dimensión de  $T$  es 2 (dim  $\mathbb{R}^4$ -número de ecuaciones linealmente independientes que definen a  $T$ ) bastará con encontrar dos vectores linealmente independientes en  $T$  para dar una base:

$$\beta_T = \{(0, 0, 1, -1), (0, 1, 2, 0)\}.$$

3. Una base, la dimensión y las ecuaciones de  $S \cap T$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Las ecuaciones de  $S \cap T$  se obtienen como la unión de las ecuaciones de  $S$  con las ecuaciones de  $T$ :

$$\begin{cases} x = 0, \\ 2y - z - t = 0, \\ y - z = 0, \\ y - t = 0 \end{cases} \Rightarrow \left( \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \end{array} \right)$$
$$\Rightarrow F_2 - F_3 - F_4 \left( \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \end{array} \right) \Rightarrow \boxed{\begin{cases} x = 0, \\ y - z = 0, \\ y - t = 0 \end{cases}}$$

Así que  $\dim S \cap T = 4 - \text{rg}A = 1$  ( $A$  es la matriz asociada al sistema que define  $S \cap T$ ).

Ahora obtenemos la base de  $S \cap T$ :

$$\beta_{S \cap T} = \{(0, 1, 1, 1)\}.$$

4. Una base, la dimensión y las ecuaciones de  $S + T$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Usando la fórmula de Grassman se tiene que:

$$\dim S + T = \dim S + \dim T - \dim S \cap T = 2 + 2 - 1 = 3.$$

Un conjunto generador de  $S + T$  se obtiene uniendo conjuntos generadores de  $S$  y de  $T$ , es decir:

$$S + T = \langle (1, 0, 0, 0), (0, 1, 1, 1), (0, 0, 1, -1), (0, 1, 2, 0) \rangle,$$

de estos cuatro vectores ahora nos quedamos con tres que sean linealmente independientes y tendremos una base de  $S + T$ . Es fácil darse cuenta que los tres primeros vectores son linealmente independientes, luego:

$$\beta_{S+T} = \{(1, 0, 0, 0), (0, 1, 1, 1), (0, 0, 1, -1)\}.$$

Acabamos dando las ecuaciones que satisface el subespacio  $S + T$ , para ello tomamos  $(x, y, z, t) \in S + T$  y recordamos que necesitamos 1 ecuación ( $\dim \mathbb{R}^4 - \dim S + T$ ), entonces:

$$(x, y, z, t) = \alpha(1, 0, 0, 0) + \beta(0, 1, 1, 1) + \gamma(0, 0, 1, -1) = (\alpha, \beta, \beta + \gamma, \beta - \gamma) \quad (1)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = \alpha, \\ y = \beta, \\ z = \beta + \gamma, \\ t = \beta - \gamma. \end{cases} \Rightarrow \boxed{z + t - 2y = 0.} \quad (2)$$

5. Dada la base  $\beta = \{(1, 0, 0, 0), (1, 1, 0, 0), (1, 1, 1, 0), (1, 1, 1, 1)\}$ , justifica si el vector  $(1, 2, 3, 4)_\beta$  pertenece a alguno de los subespacios  $S, T, S \cap T, S + T$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Obtenemos fácilmente las coordenadas del vector  $(1, 2, 3, 4)_\beta$  en la base canónica:

$$(1, 2, 3, 4)_\beta = (1, 0, 0, 0) + 2(1, 1, 0, 0) + 3(1, 1, 1, 0) + 4(1, 1, 1, 1) = (10, 9, 7, 4).$$

Se comprueba fácilmente que este vector no satisface las ecuaciones de ninguno de los subespacios dados. Así que  $(1, 2, 3, 4)_\beta$  no pertenece a ninguno de los subespacios propuestos.

**Observaciones**

- Tienes que entregar la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un folio nuevo y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila y columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final de cada uno de los apartados** debe estar dentro de un **recuadro fácil de identificar**, en el que debéis poner el número del apartado.
- Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística. Desde ese mismo momento tendréis disponible en copistería el examen resuelto y también en la página web de la asignatura.

**Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería (Primer parcial)**  
**Ingeniería técnica de Obras Públicas**  
**3 de septiembre de 2005**

**Ejercicio 1** (2,5 puntos). Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  la aplicación cuya matriz asociada en las bases canónicas es:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Calcula:

1. La expresión analítica de  $f$  en las bases canónicas.
2. El núcleo y la imagen de  $f$ .
3. La matriz de  $f$  respecto a las bases

$$\mathcal{B} = \{(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 0)\} \quad \text{y} \quad \mathcal{B}' = \{(1, 0, 0), (1, 1, 0), (1, 1, 1)\}.$$

4. El rango de  $f$ .
- 

**Ejercicio 2** (2,5 puntos). 1. Determina si la matriz  $A = \begin{pmatrix} 1 & 4 & -4 \\ 0 & 5 & -4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  es diagonalizable. En

caso de que sea diagonalizable da la matriz diagonal y la matriz de paso que la diagonaliza (1,25 puntos).

2. Calcula un valor aproximado de  $\cos\left(\frac{1}{10}\right)$  usando el polinomio de Taylor de orden 3. Da una estimación del error cometido en la aproximación. (1,25 puntos).
- 

**Ejercicio 3** (2,5 puntos). Dados los subespacios de  $\mathbb{R}^4$

$$\begin{aligned} S &= \langle (1, 0, 0, 0), (1, 1, 1, 0) \rangle, \\ T &= \{(x, y, z, t) \in \mathbb{R}^4 : x = 4y, z = t\}, \end{aligned}$$

se pide:

- (a) Calcula una base de  $S$  y da su dimensión (0,5 puntos).
- (b) Calcula una base de  $T$  y da su dimensión (0,5 puntos).
- (c) Calcula las ecuaciones cartesianas del subespacio  $S$  respecto de la base de  $\mathbb{R}^4$  que sigue

$$\mathcal{B}_1 = \{(1, 1, 1, 0), (1, 0, 0, 0), (1, 1, 1, 1), (1, 1, 0, 0)\} \quad (0,5 \text{ puntos}).$$

- (d) Calcula las ecuaciones cartesianas, una base y la dimensión del subespacio  $S \cap T$  (0,5 puntos).
  - (e) Calcula una base y la dimensión de  $S + T$  (0,5 puntos).
- 

**Ejercicio 4** (2,5 puntos). Dadas las bases de  $\mathbb{R}^3$ :

$$\beta = \{u_1 = (1, 1, 1), u_2 = (0, 1, 1), u_3 = (0, 0, 1)\}$$

y

$$\beta' = \{v_1 = (1, 0, 3), v_2 = (0, 2, 1), v_3 = (1, 0, 2)\}.$$

Se pide:

1. Calcular la matriz de cambio de base de  $\beta$  a  $\beta'$  (0,6 puntos).
2. Calcular la matriz de cambio de base de  $\beta'$  a  $\beta$  (0,6 puntos).
3. Calcula, si es posible, la inversa de la suma de las matrices de los dos apartados anteriores (0,6 puntos).
4. Usando alguna de las matrices anteriores calcula las coordenadas del vector  $(-1, 1, 3)_{\beta'}$  en la base  $\beta$  (0,7 puntos).



	<b>Ingeniería Técnica de Minas</b> <b>Fundamentos Matemáticos</b> <b>12 de junio de 2006, 9h30mn-12h30mn</b>
--	--

Nombre y apellidos:	
DNI:	
Fila:	
Columna:	
E-mail:	
Teléfono:	

Pregunta	1	2	3	4	5	Total
Puntuación						

**Ejercicio 1 (Integración múltiple. 2,5 puntos).** 1. Escribe la relación entre coordenadas cartesianas y coordenadas esféricas:  $\Phi(r, \theta, \phi) = \dots$  (0,2 puntos). **Solución:**

$$\Phi(r, \theta, \phi) = (r \cos \theta \sin \phi, r \sin \theta \sin \phi, r \cos \phi)$$

2. ¿En qué rango máximo (abierto) varían  $r$  y los ángulos  $\theta$  y  $\phi$  para que  $\Phi$  sea biyectiva? (0,4 puntos). **Solución:**

$$(r, \theta, \phi) \in (0, +\infty) \times (0, 2\pi) \times (0, \pi)$$

3. Calcula el jacobiano de  $\Phi$  y di cuál es el valor absoluto de su determinante (este determinante no hace falta que lo calcules explícitamente) (0,4 puntos).

**Solución:**

$$J\Phi(r, \theta, \phi) = \begin{pmatrix} \cos \theta \sin \phi & -r \sin \theta \sin \phi & r \cos \theta \cos \phi \\ \sin \theta \sin \phi & r \cos \theta \sin \phi & r \sin \theta \cos \phi \\ \cos \phi & 0 & -r \sin \phi \end{pmatrix}$$

$$|\det J\Phi(r, \theta, \phi)| = r^2 \sin \phi$$

4. Calcula el volumen del sólido  $\Omega = \{(x, y, z) : 25 \leq x^2 + y^2 + z^2 \leq 49, y \geq 0\}$  (0,75 puntos).

**Solución:**

$$\begin{aligned} V &= \iiint_{\Omega} 1 dx dy dz = \int_5^7 \int_0^\pi \int_0^\pi r^2 \sin \phi d\phi d\theta dr = [r^3/3]_5^7 [-\cos \phi]_0^\pi \pi \\ &= \frac{2\pi}{3} (7^3 - 5^3) = \frac{436\pi}{3} \end{aligned}$$

5. Calcula la integral  $\iiint_{\Omega} \sin[(x^2 + y^2 + z^2)^{3/2}] dx dy dz$  (0,75 puntos).

**Solución:**

$$\begin{aligned} \iiint_{\Omega} \sin[(x^2 + y^2 + z^2)^{3/2}] dx dy dz &= \int_5^7 \int_0^\pi \int_0^\pi r^2 \sin(r^3) \sin\phi d\phi d\theta dr \\ &= \frac{1}{3} \int_5^7 \int_0^\pi \int_0^\pi 3r^2 \sin(r^3) \sin\phi d\phi d\theta dr = \frac{1}{3} [-\cos(r^3)]_{r=5}^{r=7} [-\cos\phi]_{\phi=0}^{\phi=\pi} \\ &= \frac{2\pi}{3} (\cos(125) - \cos(343)) \end{aligned}$$

**Ejercicio 2 (Topología-Continuidad. 2,5 puntos).** 1. Da una razón que justifique que la aplicación  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^+$ , definida por  $f(x, y) = |\cos(x) \cos(y + x)|$ , no es una norma (0,5 puntos).

**Solución:**

La aplicación no es una norma porque  $f(0, 0) = 1 \neq 0$ .

2. Da una razón por la que el conjunto  $K = \{(x, y) : x^2 + y^2 > 4\}$  no es compacto (0,5 puntos).

**Solución:**

No es compacto porque no es ni cerrado ni acotado.

3. Estudia el límite  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{3x^3y}{(x^2+y^2)^{1/2}}$  (1,5 puntos).

**Solución:**

Estudiamos el límite utilizando coordenadas polares:

$$\lim_{r \rightarrow 0} \frac{3r^4 \cos^3 \theta \sin \theta}{r} = \lim_{r \rightarrow 0} 3r^3 \cos^3 \theta \sin \theta = 0$$

Ahora, si  $f(x, y) = \frac{3x^3y}{(x^2+y^2)^{1/2}}$ , intentamos acotar  $|f(r \cos \theta, r \sin \theta) - 0|$  con una función  $F(r)$  que tienda a 0 cuando  $r$  tiende a 0:

$$|f(r \cos \theta, r \sin \theta) - 0| = |3r^3 \cos^3 \theta \sin \theta| \leq 3r^3 = F(r)$$

Como  $F(r) \rightarrow 0$  cuando  $r \rightarrow 0$  entonces  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{3x^3y}{(x^2+y^2)^{1/2}} = 0$ .

**Ejercicio 3 (Matriz jacobiana. 2,5 puntos).** 1. Sean  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  y  $g : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  definidas por:

$$f(x, y) = (x + y^2x, xy) \quad g(x, y) = (x + e^{xy}, y - x, \sin(xy)).$$

Se pide:

a)  $Jf(x, y)$  (0,4 puntos).

**Solución:**

$$Jf(x, y) = \begin{pmatrix} 1 + y^2 & 2yx \\ y & x \end{pmatrix}$$

b)  $Jg(x, y)$  (0,4 puntos).

**Solución:**

$$Jg(x, y) = \begin{pmatrix} 1 + e^{xy}y & xe^{xy} \\ -1 & 1 \\ y \cos(xy) & x \cos(xy) \end{pmatrix}$$

c) Da la expresión de la aplicación  $g \circ f$  (0,3 puntos).

**Solución:**

$$g \circ f(x, y) = g(x + y^2x, xy) = \left( x + y^2x + e^{(x+y^2x)xy}, xy - x - y^2x, \text{sen}[(x + y^2x)xy] \right)$$

d) Usando la fórmula del jacobiano de una composición de aplicaciones se pide calcular  $Jg \circ f(0, 1)$  (0,4 puntos).

**Solución:**

$$\begin{aligned} Jg \circ f(0, 1) &= Jg(f(0, 1))Jf(0, 1) = Jg(0, 0)Jf(0, 1) \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

e) A la vista del resultado del apartado anterior, se piden los valores de  $\frac{\partial g \circ f}{\partial x}(0, 1)$  y  $\frac{\partial g \circ f}{\partial y}(0, 1)$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Según la teoría estas parciales aparecen en las columnas de la matriz calculada en el apartado anterior. Es decir:

$$\begin{aligned} \frac{\partial g \circ f}{\partial x}(0, 1) &= (2, -1, 0), \\ \frac{\partial g \circ f}{\partial y}(0, 1) &= (0, 0, 0). \end{aligned}$$

2. Si  $h : \mathbb{R}^{2000} \rightarrow \mathbb{R}^{2000}$  es una aplicación de clase  $C^1$ , responde a las siguientes cuestiones para un  $a \in \mathbb{R}^{2000}$  (0,2 puntos por apartado).

a) ¿Cuál es el tamaño de  $Jh(a)$ ?

**Solución:**

El tamaño es  $2000 \times 2000$ .

b) ¿Es la matriz  $Jh(a)$  simétrica?

**Solución:**

No se puede asegurar que sea simétrica, si fuera de clase  $C^2$  sí lo podríamos asegurar.

c) ¿Qué condición le exigirías a  $h$  para asegurar que  $\frac{\partial^2 h}{\partial x_1 \partial x_{2000}}(a) = \frac{\partial^2 h}{\partial x_{2000} \partial x_1}(a)$ ?

**Solución:**

Que la función sea de clase  $C^2$ .

**Ejercicio 4 (Extremos relativos-Diferenciabilidad. 2,5 puntos).** 1. Calcula los extremos relativos de la función  $f(x, y) = x^2 + 2x^2y^2 + 3y^2$  y di si son máximos o mínimos (1,6 puntos).

**Solución:**

Hacemos las parciales e igualamos a 0:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial x}(x, y) &= 2x + 4xy^2 = 2x(1 + 2y^2) = 0 \Rightarrow x = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial y}(x, y) &= 4yx^2 + 6y = 2y(2x^2 + 3) = 0 \Rightarrow y = 0 \end{aligned}$$

Así que el único punto candidato a que haya un extremo relativo es  $(0, 0)$ . Estudiamos en él el Hessiano:

$$Hf(x, y) = \begin{pmatrix} 2(1 + 2y^2) & 8xy \\ 8xy & 2(2x^2 + 3) \end{pmatrix} \Rightarrow Hf(0, 0) = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 6 \end{pmatrix}$$

Como la sucesión  $1, \Delta_1 = 2, \Delta_2 = 12$  está formada sólo por miembros positivos tenemos que en  $(0, 0)$  hay un mínimo relativo.

2. En las siguientes cuestiones nos referiremos a una aplicación  $g : \mathbb{R}^{2006} \rightarrow \mathbb{R}^{2006}$ . Se hacen algunas preguntas para verificar que conoces la relación entre *continuidad, derivabilidad respecto a cualquier dirección, diferenciabilidad y clase  $C^1$* .

a) Si la aplicación  $g$  es derivable respecto a sus 2006 variables ¿Podemos decir que  $g$  es continua? ¿Y diferenciable? (0,3 puntos).

**Solución:**

Como se vio en teoría en este caso no se puede asegurar ni que  $g$  sea continua ni diferenciable.

b) Ahora suponemos que  $g$  es diferenciable ¿Qué dos propiedades más puedes asegurar de  $g$ ? (0,3 puntos).

**Solución:**

Podemos asegurar que es continua y que es derivable respecto de cualquier dirección.

c) ¿Y si  $g$  es de clase  $C^1$  qué puedes decir? (0,3 puntos).

**Solución:**

Podemos decir que es diferenciable, continua y derivable respecto de cualquier dirección.

### Observaciones

- Tienes que entregar la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un folio nuevo y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila y columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final de cada uno de los apartados** debe estar dentro de un **recuadro fácil de identificar**, en el que debéis poner el número del apartado.

	<b>Ingeniería Técnica de Minas</b> <b>Fundamentos Matemáticos</b> <b>6 de febrero de 2006, 9h30mn-12h30mn</b>
--	---

<b>Nombre y apellidos:</b>	
<b>DNI:</b>	
<b>Fila:</b>	
<b>Columna:</b>	
<b>E-mail:</b>	
<b>Teléfono:</b>	

Pregunta	1	2	3	4	5		Total
<b>Puntuación</b>							

**Ejercicio 1 (2 puntos).** Dada la matriz  $A = \begin{pmatrix} -1 & 3 & 3 \\ -3 & 5 & 3 \\ -3 & 3 & 5 \end{pmatrix}$ , se pide:

1. Calcular el polinomio característico  $p_A$  (0,2 puntos).

**Solución:**

$$p_A(x) = |A - xI_3| = \begin{vmatrix} -1-x & 3 & 3 \\ -3 & 5-x & 3 \\ -3 & 3 & 5-x \end{vmatrix} = 20 - 24x + 9x^2 - x^3 = -(x-5)(x-2)^2$$

2. Calcular el espectro  $\sigma_A$  y especificar la multiplicidad de cada raíz (0,2 puntos).

**Solución:**

$$\sigma_A = \{5, 2\}. \text{ Además } m(5) = 1 \text{ y } m(2) = 2.$$

3. Justificar si la matriz  $A$  es diagonalizable (0,5 puntos).

**Solución:**

Según se vio en teoría, por ser  $m(5) = 1$  entonces  $\dim V_5 = m(5) = 1$ .

Falta ahora por ver, para demostrar que  $A$  es diagonalizable, que  $\dim V_2 = m(2) = 2$ .

Pero esto es cierto porque  $\dim V_2 = 3 - \text{rg}(A - 2I_3) = 3 - \text{rg} \begin{pmatrix} -3 & 3 & 3 \\ -3 & 3 & 3 \\ -3 & 3 & 3 \end{pmatrix} = 3 - 1 = 2$ .

Por lo tanto  $A$  es una matriz diagonalizable.

4. Dar la matriz diagonal  $D$  (0,3 puntos).

**Solución:**

$$\text{Elijo } D = \begin{pmatrix} 5 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}.$$

5. Dar la matriz de paso  $P$  (0,5 puntos).

**Solución:**

Para dar esta matriz calculamos bases de  $V_5$  y de  $V_2$ .

$$V_5 = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : (A - 5I_3) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \mathbf{0}\}, \text{ es decir } (x, y, z) \in V_5 \text{ si y sólo si}^1$$

$$\begin{cases} -3x + 3z = 0, \\ -3x + 3y = 0. \end{cases}$$

Así que una base de  $V_5$  es  $\beta_5 = \{(1, 1, 1)\}$ .

$$V_2 = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : (A - 2I_3) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \mathbf{0}\}, \text{ es decir } (x, y, z) \in V_2 \text{ si y sólo si}^2$$

$$\{-3x + 3y + 3z = 0 \Rightarrow \{-x + y + z = 0$$

Así que una base de  $V_2$  es  $\beta_2 = \{(0, 1, -1), (1, 1, 0)\}$ .

Ahora obtenemos ya:

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

6. Especificar la relación entre  $A$ ,  $D$  y  $P$  (0,3 puntos).

**Solución:**

$$D = P^{-1}AP.$$

**Ejercicio 2 (1,5 puntos).** Calcula el límite siguiente utilizando desarrollos de Taylor

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin^3(x^2)}{1 - \cos(x^3)}.$$

**Solución:**

Haremos desarrollos de Taylor del numerador y denominador de orden 6:

- $\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + o(x^6),$
- $\sin x^2 = x^2 - \frac{x^6}{3!} + o(x^6),$
- $\sin^3 x^2 = x^6 + o(x^6),$
- $\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + o(x^6),$
- $\cos x^3 = 1 - \frac{x^6}{2!} + o(x^6),$
- $1 - \cos x^3 = \frac{x^6}{2!} + o(x^6).$

---

<sup>1</sup>Fíjate que he quitado la primera ecuación porque  $A - 5I_3$  tiene rango 2 y por lo tanto sólo son necesarias dos ecuaciones linealmente independientes.

<sup>2</sup>Fíjate que me he quedado con una única ecuación porque  $A - 2I_3$  tiene rango 1.

Así que:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^6 + o(x^6)}{\frac{x^6}{2!} + o(x^6)} = \frac{1 + \frac{o(x^6)}{x^6}}{\frac{1}{2!} + \frac{o(x^6)}{x^6}} = 2.$$

**Ejercicio 3 (2 puntos).** Se consideran los siguientes conjuntos de vectores:

$$\beta_A = \{(1, 0, 1), (0, 1, 1), (0, 0, 1)\}, \quad \beta_C = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)\}, \quad B = \{(1, 2, 1), (0, 1, 0)\}$$

y se pide:

1. Comprobar que  $\beta_A$  es una base de  $\mathbb{R}^3$  (0,4 puntos), **Solución:**

Para comprobar que es una base basta con ver que el determinante que de la matriz formada al poner los vectores de  $\beta_A$  por columnas:

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = 1.$$

2. Calcular la matriz de cambio de base de la base  $\beta_A$  a la base canónica, es decir  $M_{\beta_A\beta_C}$  (0,6 puntos).

**Solución:**

Esta matriz se construye poniendo por columnas las coordenadas de los vectores de la base  $\beta_C$  respecto a  $\beta_A$ . Calculamos esas coordenadas (para simplificar la notación denotaremos a los vectores de la base  $\beta_A$  por  $v_1, v_2$  y  $v_3$ ):

- $e_1 = (1, 0, 0) = v_1 - v_3 = (1, 0, -1)_{\beta_A}$ ,
- $e_2 = (0, 1, 0) = v_2 - v_3 = (0, 1, -1)_{\beta_A}$ ,
- $e_3 = (0, 0, 1) = v_3 = (0, 0, 1)_{\beta_A}$ .

Así que:

$$M_{\beta_A\beta_C} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

3. Calcular la matriz de cambio de base de la base  $\beta_C$  a la base  $\beta_A$ , es decir  $M_{\beta_C\beta_A}$  (0,3 puntos).

**Solución:**

Esta matriz se construye poniendo por columnas las coordenadas de los vectores de la base  $\beta_A$  respecto a  $\beta_C$ . Así que:

$$M_{\beta_C\beta_A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

4. Dar las coordenadas de los vectores del conjunto  $B$  en la base  $\beta_A$  (0,3 puntos).

Usando la matriz  $M_{\beta_A\beta_C}$  es fácil calcular esas coordenadas:

- $[M_{\beta_A\beta_C}(1, 2, 1)^t]^t = (1, 2, -2)_{\beta_A}$ .

$$\blacksquare [M_{\beta_A \beta_C}(0, 1, 0)^t]^t = (0, 1, -1)_{\beta_A}.$$

Por lo tanto:

$$B = \{(1, 2, -2)_{\beta_A}, (0, 1, -1)_{\beta_A}\}.$$

5. Calcular las ecuaciones del subespacio  $\langle B \rangle$  respecto de la base  $\beta_A$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Antes de nada tenemos claro que se necesita 1 ecuación (dimensión de  $\mathbb{R}^3$ -dimensión de  $\langle B \rangle$ ).

Un vector  $(x, y, z)_{\beta_A} \in \langle B \rangle$  si y sólo si

$$(x, y, z)_{\beta_A} = \alpha(1, 2, -2)_{\beta_A} + \beta(0, 1, -1)_{\beta_A} = (\alpha, 2\alpha + \beta, -2\alpha - \beta)_{\beta_A}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = \alpha, \\ y = 2\alpha + \beta, \\ z = -2\alpha - \beta \end{cases} \Rightarrow \boxed{y + z = 0}.$$

**Ejercicio 4 (2,5 puntos).** Se considera la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^k$  que verifica:

$$f(1, 0, 1) = (1, 0), \quad f(0, 1, 1) = (2, 3), \quad f(0, 0, 1) = (1, 1).$$

En este ejercicio usaremos la notación  $\beta_A$  para denotar a la base definida en el ejercicio anterior. Además  $\beta_C^3$  y  $\beta_C^2$  serán respectivamente las bases canónicas de  $\mathbb{R}^3$  y  $\mathbb{R}^2$ .

Se pide:

1. Decir quiénes son  $n$  y  $k$  (0,3 puntos).

**Solución:**

$$n = 3 \text{ y } k = 2.$$

2. Calcular  $M_{\beta_A \beta_C^2}(f)$  (0,4 puntos).

**Solución:**

De las imágenes que nos dan de los vectores de  $\beta_A$  obtenemos:

$$M_{\beta_A \beta_C^2}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 3 & 1 \end{pmatrix}.$$

3. Calcular  $M_{\beta_C^3 \beta_C^2}(f)$  (0,8 puntos).

**Solución:**

$$M_{\beta_C^3 \beta_C^2}(f) = M_{\beta_C^2 \beta_C^2} M_{\beta_A \beta_C^2}(f) M_{\beta_A \beta_C^3} =$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

4. Calcular una base y las ecuaciones de  $\text{Ker } f$  (0,6 puntos).

**Solución:**

Un vector  $(x, y, z)$  pertenece a  $\text{Ker } f$  si y sólo si  $M_{\beta_C^3 \beta_C^2}(f)(x, y, z)^t = \mathbf{0}$ . Así que:

$$\begin{cases} y + z = 0, \\ -x + 2y + z = 0. \end{cases}$$

Por lo tanto  $\dim \text{Ker } f = 3 - \text{rg } M_{\beta_C^3 \beta_C^2}(f) = 1$  y  $\beta_{\text{Ker } f} = \{(1, 1, -1)\}$ .



5. Calcular una base y las ecuaciones de  $\text{Im } f$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Sabemos que

$$\text{Im } f = \langle (0, -1), (1, 2), (1, 1) \rangle$$

. Como el primer y segundo vector forman un conjunto de vectores linealmente independientes y maximal entonces  $\beta_{\text{Im } f} = \{(0, -1), (1, 2)\}$ . Así que  $\text{Im } f = \mathbb{R}^2$  y no se pueden dar ecuaciones de este subespacio.

**Ejercicio 5 (2 puntos).** En  $\mathbb{R}^4$  se consideran los subespacios vectoriales:

$$S = \langle (1, 0, 0, 0), (0, 1, 1, 1) \rangle \quad \text{y} \quad T = \{(x, y, z, t) : x = 0, 2y - z - t = 0\}$$

y se pide:

1. Una base, la dimensión y las ecuaciones de  $S$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Los dos vectores que generan  $S$  también son linealmente independientes, por lo tanto son una base de  $S$ :

$$\beta_S = \{(1, 0, 0, 0), (0, 1, 1, 1)\}.$$

Ahora calculamos las ecuaciones que debe satisfacer un vector  $(x, y, z, t) \in S$ :

$$(x, y, z, t) = \alpha(1, 0, 0, 0) + \beta(0, 1, 1, 1) \Rightarrow \begin{cases} x = \alpha, \\ y = \beta, \\ z = \beta, \\ t = \beta \end{cases} \Rightarrow \boxed{\begin{cases} y - z = 0, \\ y - t = 0 \end{cases}}$$

2. Una base y la dimensión de  $T$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Como la dimensión de  $T$  es 2 (dim  $\mathbb{R}^4$ -número de ecuaciones linealmente independientes que definen a  $T$ ) bastará con encontrar dos vectores linealmente independientes en  $T$  para dar una base:

$$\beta_T = \{(0, 0, 1, -1), (0, 1, 2, 0)\}.$$

3. Una base, la dimensión y las ecuaciones de  $S \cap T$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Las ecuaciones de  $S \cap T$  se obtienen como la unión de las ecuaciones de  $S$  con las ecuaciones de  $T$ :

$$\begin{cases} x = 0, \\ 2y - z - t = 0, \\ y - z = 0, \\ y - t = 0 \end{cases} \Rightarrow \left( \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \end{array} \right)$$
$$\Rightarrow F_2 - F_3 - F_4 \left( \begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \end{array} \right) \Rightarrow \boxed{\begin{cases} x = 0, \\ y - z = 0, \\ y - t = 0 \end{cases}}$$

Así que  $\dim S \cap T = 4 - \text{rg}A = 1$  ( $A$  es la matriz asociada al sistema que define  $S \cap T$ ).

Ahora obtenemos la base de  $S \cap T$ :

$$\beta_{S \cap T} = \{(0, 1, 1, 1)\}.$$

4. Una base, la dimensión y las ecuaciones de  $S + T$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Usando la fórmula de Grassman se tiene que:

$$\dim S + T = \dim S + \dim T - \dim S \cap T = 2 + 2 - 1 = 3.$$

Un conjunto generador de  $S + T$  se obtiene uniendo conjuntos generadores de  $S$  y de  $T$ , es decir:

$$S + T = \langle (1, 0, 0, 0), (0, 1, 1, 1), (0, 0, 1, -1), (0, 1, 2, 0) \rangle,$$

de estos cuatro vectores ahora nos quedamos con tres que sean linealmente independientes y tendremos una base de  $S + T$ . Es fácil darse cuenta que los tres primeros vectores son linealmente independientes, luego:

$$\beta_{S+T} = \{(1, 0, 0, 0), (0, 1, 1, 1), (0, 0, 1, -1)\}.$$

Acabamos dando las ecuaciones que satisface el subespacio  $S + T$ , para ello tomamos  $(x, y, z, t) \in S + T$  y recordamos que necesitamos 1 ecuación ( $\dim \mathbb{R}^4 - \dim S + T$ ), entonces:

$$(x, y, z, t) = \alpha(1, 0, 0, 0) + \beta(0, 1, 1, 1) + \gamma(0, 0, 1, -1) = (\alpha, \beta, \beta + \gamma, \beta - \gamma) \quad (1)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = \alpha, \\ y = \beta, \\ z = \beta + \gamma, \\ t = \beta - \gamma. \end{cases} \Rightarrow \boxed{z + t - 2y = 0.} \quad (2)$$

5. Dada la base  $\beta = \{(1, 0, 0, 0), (1, 1, 0, 0), (1, 1, 1, 0), (1, 1, 1, 1)\}$ , justifica si el vector  $(1, 2, 3, 4)_\beta$  pertenece a alguno de los subespacios  $S, T, S \cap T, S + T$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Obtenemos fácilmente las coordenadas del vector  $(1, 2, 3, 4)_\beta$  en la base canónica:

$$(1, 2, 3, 4)_\beta = (1, 0, 0, 0) + 2(1, 1, 0, 0) + 3(1, 1, 1, 0) + 4(1, 1, 1, 1) = (10, 9, 7, 4).$$

Se comprueba fácilmente que este vector no satisface las ecuaciones de ninguno de los subespacios dados. Así que  $(1, 2, 3, 4)_\beta$  no pertenece a ninguno de los subespacios propuestos.

**Observaciones**

- Tienes que entregar la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un folio nuevo y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila y columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final de cada uno de los apartados** debe estar dentro de un **recuadro fácil de identificar**, en el que debéis poner el número del apartado.
- Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística. Desde ese mismo momento tendréis disponible en copistería el examen resuelto y también en la página web de la asignatura.



**Ingeniería Técnica de Minas**  
**Fundamentos Matemáticos**  
**19 de junio de 2006, 9h30mn-12h30mn**

Nombre y apellidos:	
DNI:	
Fila:	
Columna:	
E-mail:	
Teléfono:	

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	Total
Puntuación								

**OBSERVACIONES**

- Tienes que entregar la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un folio nuevo y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila** y **columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final de cada uno de los apartados** debe estar dentro de un **cuadro fácil de identificar**, en el que debéis poner el número del apartado.
- Los alumnos que se presentan sólo al segundo parcial deben responder a las preguntas 3, 4, 5 y 6.
- Los alumnos que se presentan a toda la materia deben responder a los ejercicios 1, 2, 3 y 4.
- Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística el jueves 22 de junio de 2006. Las revisiones de examen está previsto que se hagan el martes 27 y jueves 29 de junio (se confirmarán estas fechas en la publicación de las notas).

**PRIMER PARCIAL**

**Ejercicio 1 (2,5 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  la aplicación cuya matriz asociada en las bases canónicas es:

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$$

Calcula:

1. Los valores de  $n$  y de  $m$  (0,2 puntos).

**Solución:**

Los valores de  $n$  y de  $m$  son respectivamente 2 y 3, es decir, el número de columnas y filas de la matriz  $A$ .

2. La expresión analítica de  $f$  en las bases canónicas de  $\mathbb{R}^n$  y  $\mathbb{R}^m$  (0,3 puntos).

**Solución:**

$$f(x, y) = \left[ A \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \right]^t = (2x, x + y, 2y).$$

3. El núcleo y la imagen de  $f$ : bases, ecuaciones y dimensión de cada uno (0,75 puntos)..

**Solución:**

### El núcleo

El núcleo de la aplicación  $f$  estará formado por aquellos vectores  $(x, y)$  tales que  $f(x, y) = (0, 0, 0)$ . Es decir, serán los vectores  $(x, y)$  que verifican el siguiente sistema de ecuaciones lineales homogéneas:

$$\begin{cases} 2x = 0, \\ x + y = 0, \\ 2y = 0. \end{cases}$$

Así que resolviendo el sistema se ve que  $\text{Ker } f = \{(0, 0)\}$ , que una base es  $\beta_{\text{Ker } f} = \emptyset$  y que la dimensión es 0.

### La imagen

La imagen es el subespacio vectorial de  $\mathbb{R}^3$  generado por los vectores columna de la matriz  $A$ , es decir  $\text{Im } f = \langle (2, 1, 0), (0, 1, 2) \rangle$ . Como los dos vectores generadores también son linealmente independientes entonces son una base de  $\text{Im } f$  y por lo tanto la dimensión del subespacio imagen es 2.

Calculamos ahora sus ecuaciones. Un vector  $(x, y, z)$  estará en la imagen si:

$$(x, y, z) = \alpha(2, 1, 0) + \beta(0, 1, 2),$$

es decir:

$$\begin{cases} x = 2\alpha, \\ y = \alpha + \beta, \\ z = 2\beta. \end{cases}$$

Ahora eliminamos los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  anteriores y obtenemos la ecuación que define a la imagen:

$$x - 2y + z = 0.$$

4. La matriz de  $f$  respecto de las bases

$$\mathcal{B} = \{(1, 1), (1, 0)\} \quad \text{y} \quad \mathcal{B}' = \{(1, 0, 0), (1, 1, 0), (1, 1, 1)\}$$

(0,75 puntos).

**Solución:**

Vamos a calcular esta matriz utilizando la definición de la misma. Para ello debemos calcular las imágenes de los vectores  $(1, 1)$  y  $(1, 0)$  por la aplicación  $f$  y a calcular las coordenadas de esas imágenes en la base  $\mathcal{B}'$ :

$$\begin{aligned} f(1, 1) &= (2, 2, 2) = 2(1, 1, 1) = (0, 0, 2)_{\mathcal{B}'}, \\ f(1, 0) &= (2, 1, 0) = (1, 0, 0) + (1, 1, 0) = (1, 1, 0)_{\mathcal{B}'}. \end{aligned}$$

Así que la matriz de  $f$  respecto de las bases  $\mathcal{B}$  y  $\mathcal{B}$  es:

$$M_{\mathcal{B}\mathcal{B}}(f) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}.$$

Responde:

5. ¿Se puede hacer la composición  $f \circ f$ ? ¿Qué tamaño tendría la matriz asociada a  $f \circ f$ ? (0,2 puntos).

**Solución:**

No se puede hacer la composición porque el espacio de partida y llegada de  $f$  no coinciden.

6. ¿Es la aplicación  $f$  invertible? (0,3 puntos).

**Solución:**

No, porque para que sea invertible tiene que ser un endomorfismo.

**Ejercicio 2 (2,5 puntos).** 1. Determina si la matriz  $A = \begin{pmatrix} 3 & -2 & 2 \\ 2 & -1 & 2 \\ 2 & -2 & 3 \end{pmatrix}$  es diagonalizable.

En caso de que sea diagonalizable da la matriz diagonal y la matriz de paso que la diagonaliza (1,75 puntos).

**Solución:**

Para empezar calculamos el polinomio característico de la matriz  $A$ :

$$p_A(x) = |A - xI_3| = \begin{vmatrix} 3-x & -2 & 2 \\ 2 & -1-x & 2 \\ 2 & -2 & 3-x \end{vmatrix} = 3 - 7x + 5x^2 - x^3 = -(x-3)(x-1)^2$$

Calculamos el espectro de  $A$  resolviendo la ecuación  $p_A(x) = 0$  que tiene como soluciones a 1 y a 3. Por lo tanto  $\sigma_A(x) = \{1, 3\}$ ,  $m(1) = 2$  y  $m(3) = 1$ .

Para ver si la matriz es diagonalizable sólo debemos comprobar que  $\dim V_1 = m(1) = 2$  porque la igualdad  $\dim V_3 = m(3)$  se satisface por ser  $m(3) = 1$ .

La matriz  $A - 1I_3 = \begin{pmatrix} 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \end{pmatrix}$  tiene, claramente, rango 1. Así que  $\dim V_1 = 3 - \text{rg}(A - I_3) = 3 - 1 = 2 = m(1)$ .

Por lo tanto hemos demostrado que la matriz  $A$  es diagonalizable. Encontremos una matriz de paso que la diagonaliza y la matriz diagonal. Para ello es necesario encontrar bases de los subespacios vectoriales  $V_1$  y  $V_3$ .

$V_1$  es el espacio de vectores que satisface la ecuación:

$$\begin{pmatrix} 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

y los vectores  $(1, 1, 0)$  y  $(0, 1, 1)$  satisfacen esta ecuación y son linealmente independientes. Así que una base de  $V_1$  es:

$$\beta_{V_1} = \{(1, 1, 0), (0, 1, 1)\}.$$

$V_3$  es el espacio de vectores que satisface la ecuación:

$$\begin{pmatrix} 0 & -2 & 2 \\ 2 & -4 & 2 \\ 2 & -2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

y el vector  $(1, 1, 0)$  satisface esta ecuación, por lo que una base de  $V_3$  es:

$$\beta_{V_3} = \{(1, 1, 1)\}.$$

Si tomamos como matriz diagonal  $D = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$  entonces una matriz de paso será:

$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ . La inversa de esta matriz es:  $P^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$  y se verifica la igualdad:

$$D = P^{-1}AP.$$

2. Calcula el límite siguiente utilizando desarrollos de Taylor

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{[1 - \cos^2(x^2)]\text{sen}^3(x)}{x \log(1 + x^6)}$$

(0,75 puntos).

**Solución:**

Haremos desarrollos de Taylor del numerador y denominador de orden 7:

- $\text{sen}x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + o(x^7)$ ,
- $\text{sen}^2x = x^2 + \frac{x^6}{36} - 2\frac{x^4}{3!} + 2\frac{x^6}{5!} + o(x^7)$ ,
- $\text{sen}^3x = \text{sen}x\text{sen}^2x = x^3 - \frac{x^5}{3!} + \frac{x^7}{5!} + \frac{x^7}{36} + o(x^7)$ ,
- $\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + o(x^7)$ ,
- $\cos x^2 = 1 - \frac{x^4}{2!} + o(x^7)$ ,
- $\cos^2 x^2 = 1 - 2\frac{x^4}{2!} + o(x^7)$ .
- $1 - \cos^2 x^2 = 2\frac{x^4}{2!} + o(x^7)$ .
- $[1 - \cos^2 x^2]\text{sen}^3x = x^7 + o(x^7)$ .
- $\log(1 + x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^6}{6} + \frac{x^7}{7} + o(x^7)$ .
- $\log(1 + x^6) = x^6 + o(x^7)$ .
- $x \log(1 + x^6) = x^7 + o(x^7)$ .

Así que:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{[1 - \cos^2(x^2)]\text{sen}^3(x)}{x \log(1 + x^6)} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^7 + o(x^7)}{x^7 + o(x^7)} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 + \frac{o(x^7)}{x^7}}{1 + \frac{o(x^7)}{x^7}} = 1$$

**SEGUNDO PARCIAL**

**Ejercicio 3 (Integración múltiple. 2,5 puntos).** 1. Escribe la relación entre coordenadas cartesianas y coordenadas cilíndricas:  $\Phi(r, \theta, z) = \dots$  (0,2 puntos). **Solución:**

$$\Phi(r, \theta, z) = (r \cos \theta, r \sin \theta, z)$$

2. ¿En qué rango máximo (abierto) varían  $r$ ,  $\theta$  y  $z$  para que  $\Phi$  sea biyectiva? (0,4 puntos). **Solución:**

$$(r, \theta, z) \in (0, +\infty) \times (0, 2\pi) \times \mathbb{R}$$

3. Calcula el jacobiano de  $\Phi$  y calcula el valor absoluto de su determinante (este determinante lo tienes que calcular explícitamente) (0,4 puntos).

**Solución:**

$$J\Phi(r, \theta, \phi) = \begin{pmatrix} \cos \theta & -r \sin \theta & 0 \\ \sin \theta & r \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$|\det J\Phi(r, \theta, \phi)| = |r(\cos^2 \theta + \sin^2 \theta)| = r$$

4. Calcula el volumen del sólido  $\Omega = \{(x, y, z) : 16 \leq x^2 + y^2 \leq 81, x \leq 0, 0 \leq z \leq x^2 + y^2\}$  (1,5 puntos).

**Solución:**

$$V = \iiint_{\Omega} 1 dx dy dz = \int_4^9 \int_{\pi/2}^{3\pi/2} \int_0^{r^2} r dz d\theta dr = \int_4^9 \int_{\pi/2}^{3\pi/2} r^3 d\theta dr = [r^4/4]_4^9 \pi = \frac{6305\pi}{4}$$

**Ejercicio 4 (Extremos condicionados-Diferenciabilidad. 2,5 puntos).** 1. Usando el método explicado para encontrar extremos condicionados, calcula los extremos condicionados de la función  $f(x, y) = x^2 + y^2$  con ligadura  $xy = 4$ . Di si son máximos o mínimos condicionados (1,6 puntos).

**Solución:**

Empezamos escribiendo la lagrangiana del problema  $L(x, y) = x^2 + y^2 + \lambda(xy - 4)$ .

Imponemos las condiciones necesarias para que existan extremos condicionados:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial x}(x, y) &= 2x + y\lambda = 0 \Rightarrow 2x = -y\lambda \\ \frac{\partial L}{\partial y}(x, y) &= 2y + x\lambda = 0 \Rightarrow 2y = -x\lambda \\ g(x, y) &= xy - 4 = 0 \end{aligned}$$

Dividiendo la primera ecuación entre la segunda obtenemos  $\frac{x}{y} = \frac{y}{x} \Rightarrow x^2 = y^2 \Rightarrow y = \pm x$ . Ahora utilizamos esta igualdad en la tercera ecuación:  $\pm x^2 = 4$ . Ahora se ve que el signo menos en esta ecuación no tiene sentido por lo que  $x = \pm 2$  y los puntos en los que podemos tener un extremo condicionado son:

- $P_1 = (2, 2)$  con  $\lambda = -2$ .
- $P_2 = (-2, -2)$  con  $\lambda = -2$ .

Calculamos ahora el Hessiano de  $f$ :

$$HL(x, y) = \begin{pmatrix} 2 & \lambda \\ \lambda & 2 \end{pmatrix} \Rightarrow HL(P_1) = HL(P_2) = \begin{pmatrix} 2 & -2 \\ -2 & 2 \end{pmatrix}$$

Ahora tomamos vectores  $h^i = (h_{1,i}, h_{2,i}) \neq 0$  que verifiquen  $dg(P_i)(h^i) = 0$  y vemos si las expresiones  $h^i HL(P_i)(h^i)^t$  son positivas o negativas. Antes de calcular esos vectores computamos la expresión  $h^i HL(P_i)(h^i)^t$  por si no intervinieran los valores de los vectores  $h^i$  para determinar el signo.

$$h^i HL(P_i)(h^i)^t = 2h_{1,i}^2 - 2h_{1,i}h_{2,i} + 2h_{2,i}^2 = 2(h_{1,i}^2 + h_{2,i}^2 - 2h_{1,i}h_{2,i}) = 2(h_{1,i} - h_{2,i})^2 > 0.$$

Así que en los dos puntos,  $(2, 2)$  y  $(-2, -2)$ , tenemos mínimos condicionados.

2. En las siguientes cuestiones nos referiremos a una aplicación  $g : \mathbb{R}^{2006} \rightarrow \mathbb{R}$ . La letra  $a$  denota un punto de  $\mathbb{R}^{2006}$ .

a) Si  $\frac{\partial g}{\partial x_{1003}}(a) > 0$  ¿Puede tener la función  $g$  un máximo relativo? ¿Y un mínimo? (0,3 puntos).

**Solución:**

No puede tenerlos porque para que existan dichos extremos necesitamos que todas las parciales se anulen y el enunciado dice que hay una parcial que no se anula.

b) Si  $\frac{\partial^2 g}{\partial x_{1003}^2}(a) > 0$  ¿Se puede asegurar que  $g$  tiene un mínimo relativo? (0,3 puntos).

**Solución:**

No porque, por ejemplo, no sabemos si se anulan las parciales primeras.

c) Si la función  $g$  es derivable respecto de cualquier dirección entonces ¿Puedes asegurar que es continua? ¿Y diferenciable? ¿Y de clase  $C^1$ ? ¿Y de clase  $C^2$ ? (0,3 puntos).

**Solución:**

No se puede asegurar nada.

## PREGUNTAS COMPLEMENTARIAS DEL SEGUNDO PARCIAL

**Ejercicio 5 (Matriz jacobiana. 2,5 puntos).** 1. Sean  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y  $g : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$  definidas por:

$$f(x, y) = (x + xe^y, x + y, y^2 \operatorname{sen} x) \quad g(x, y, z) = (x + e^{xyz}, y - xz).$$

Se pide:

a)  $Jf(x, y)$  (0,4 puntos).

**Solución:**

$$Jf(x, y) = \begin{pmatrix} 1 + e^y & xe^y \\ 1 & 1 \\ y^2 \cos x & 2y \operatorname{sen} x \end{pmatrix}$$



b)  $Jg(x, y)$  (0,4 puntos).

**Solución:**

$$Jg(x, y, z) = \begin{pmatrix} 1 + e^{zxy}yz & e^{xyz}zx & e^{xyz}xy \\ -z & 1 & -x \end{pmatrix}$$

c) ¿Se puede hacer la composición  $g \circ f$ ? En caso afirmativo da la matriz  $J(g \circ f)(0, 0)$  (0,3 puntos).

**Solución:**

Sí se puede hacer la composición porque  $f$  se aplica sobre  $\mathbb{R}^3$  y  $g$  parte de  $\mathbb{R}^3$ .

$$\begin{aligned} Jg \circ f(0, 0) &= Jg(f(0, 0))Jf(0, 0) = Jg(0, 0, 0)Jf(0, 0) \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

d) Usando la fórmula del jacobiano de una composición de aplicaciones se pide calcular  $Jf \circ g(0, 0, 0)$  (0,4 puntos).

**Solución:**

$$\begin{aligned} Jf \circ g(0, 0, 0) &= Jf(g(0, 0, 0))Jg(0, 0, 0) = Jf(1, 0)Jg(0, 0, 0) \\ &= \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

e) A la vista de los resultados de antes se piden los valores de  $\frac{\partial g \circ f}{\partial x}(0, 0)$  y  $\frac{\partial f \circ g}{\partial y}(0, 0, 0)$  (0,4 puntos).

**Solución:**

Según la teoría estas parciales aparecen en las columnas de la matrices calculadas en los dos apartados anteriores. En concreto:

$$\begin{aligned} \frac{\partial g \circ f}{\partial x}(0, 0) &= (2, 1), \\ \frac{\partial f \circ g}{\partial y}(0, 0, 0) &= (1, 1, 0). \end{aligned}$$

2. Si  $h : \mathbb{R}^{2006} \rightarrow \mathbb{R}^{2006}$  es una aplicación de clase  $C^2$ , responde a las siguientes cuestiones para un  $a \in \mathbb{R}^{2006}$  (0,2 puntos por apartado).

a) Si  $\det Jh(a) \neq 0$  sabemos que la aplicación  $h$  es localmente invertible de manera única. Llamemos  $h^{-1}$  a la inversa local de  $h$  ¿Quién es  $Jh^{-1}(h(a))$ ?

**Solución:**

$$Jh^{-1}(h(a)) = (Jh(a))^{-1}$$

b) ¿Coinciden el tamaño de la matriz Hessiana  $Hh(a)$  y el de la matriz jacobiana  $Jh(a)$ ?

**Solución:**

En este caso sí. El tamaño de ambas es  $2006 \times 2006$ .

c) ¿Puedes asegurar que alguna de las dos matrices anteriores es simétrica?

**Solución:**

Sí, la matriz hessiana es simétrica por ser la aplicación de clase  $C^2$ . En cuanto a la matriz jacobiana, aunque sea cuadrada, no podemos asegurar que sea simétrica.

**Ejercicio 6 (Topología-Continuidad. 2,5 puntos).** 1. Da una razón que justifique que la aplicación  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ , definida por  $f(x, y) = \sin(y+x)$ , no es una norma (0,5 puntos).

**Solución:**

La aplicación no es una norma porque  $f(0, \pi) = 0$  y  $(0, \pi) \neq (0, 0)$ .

2. ¿Existe algún subconjunto de  $\mathbb{R}^2$  que sea a la vez abierto y cerrado? Pon un ejemplo en caso de responder afirmativamente. (0,25 puntos).

**Solución:**

Sí, por ejemplo todo  $\mathbb{R}^2$  o el conjunto vacío.

3. Pon un ejemplo de un conjunto no compacto en  $\mathbb{R}^2$  y justifica por qué no es compacto (0,25 puntos).

**Solución:**

$\{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x^2 + y^2 \geq 5\}$  no es compacto porque no está acotado.

4. Estudia el límite  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{3x^3y^3}{(x^2+y^2)^{3/2}} + 5$  (1,5 puntos).

**Solución:**

Estudiamos el límite utilizando coordenadas polares:

$$\lim_{r \rightarrow 0} \frac{3r^6 \cos^3 \theta \sin^3 \theta}{r^3} + 5 = \lim_{r \rightarrow 0} 3r^3 \cos^3 \theta \sin^3 \theta + 5 = 5$$

Ahora, si  $f(x, y) = \frac{3x^3y^3}{(x^2+y^2)^{3/2}}$ , intentamos acotar  $|f(r \cos \theta, r \sin \theta) - 0|$  con una función  $F(r)$  que tienda a 0 cuando  $r$  tiende a 0:

$$|f(r \cos \theta, r \sin \theta) - 5| = |3r^3 \cos^3 \theta \sin^3 \theta| \leq 3r^3 = F(r)$$

Como  $F(r) \rightarrow 0$  cuando  $r \rightarrow 0$  entonces  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{3x^3y^3}{(x^2+y^2)^{3/2}} = 0$ .

Ingeniería Técnica de Minas – Fundamentos Matemáticos  
Examen parcial del primer cuatrimestre  
3 de febrero de 2007, 9h00mn-12h00mn

Nombre y apellidos:	
DNI:	
Fila:	
Columna:	
E-mail:	
Teléfono:	

Pregunta	1	2	3	4	5	Total
Puntuación						

OBSERVACIONES

- Tienes que **entregar** la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un **folio nuevo** y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila y columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final** de cada uno de los apartados debe estar dentro de un **recuadro** fácil de identificar, en el que debéis poner el número del apartado.
- Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística (Campus Alfonso XIII).

DISTRIBUCIÓN DE LA PUNTUACIÓN

		Apartado							
Ejercicio		1	2	3	4	5	6	Todos	
	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25		2.5
	2	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.4		3
	3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4			2
	4								2.5
	Todos								10

**Ejercicio 1 (Cuestiones, 2.5 puntos).**

(1.1). Considera el conjunto de vectores  $S = \{(1, 2, 1), (2, 1, 2)\} \subset \mathbb{Z}_3^3$ . Justifica, usando la definición, si  $S$  es linealmente dependiente o independiente.

**Solución:**

Para ver si son linealmente independientes nos planteamos la ecuación vectorial:

$$\alpha(1, 2, 1) + \beta(2, 1, 2) = (0, 0, 0),$$

en la que tanto  $\alpha$  como  $\beta$  son escalares de  $\mathbb{Z}_3$ . Si existe alguna solución diferente de  $\alpha = \beta = 0$  entonces el conjunto  $S$  es linealmente dependiente. Es fácil ver que  $\alpha = 1 = \beta$  es solución, así que  $S$  es linealmente dependiente.

- (1.2). Sea  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  una aplicación lineal con  $n$  y  $m$  números naturales. Demuestra que si  $\mathbf{v}, \mathbf{w} \in \text{Ker } f$  entonces  $\mathbf{v} + \mathbf{w} \in \text{Ker } f$ .

**Solución:**

$f(\mathbf{v}) = f(\mathbf{w}) = \mathbf{0}$  por ser  $\mathbf{v}$  y  $\mathbf{w}$  vectores del núcleo, así que  $f(\mathbf{v} + \mathbf{w}) = f(\mathbf{v}) + f(\mathbf{w}) = \mathbf{0} + \mathbf{0} = \mathbf{0}$  y por lo tanto  $\mathbf{v} + \mathbf{w} \in \text{Ker } f$ .

- (1.3). Dadas matrices  $A, B \in M_{2 \times 2}(\mathbb{R})$ , demuestra o pon un contraejemplo a la igualdad  $(A + B)^2 = A^2 + 2AB + B^2$ .

**Solución:**

La igualdad es falsa, basta con tomar  $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$  y  $B = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ . Entonces:

$$(A + B)^2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}^2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \neq A^2 + B^2 + 2AB = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- (1.4). Sea  $g : \mathbb{R}^{1989} \rightarrow \mathbb{R}^{2007}$  una aplicación lineal y sean  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  bases de  $\mathbb{R}^{1989}$  y  $\beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$  bases de  $\mathbb{R}^{2007}$ . Se pide que completes los cuadrados vacíos de las siguientes fórmulas con matrices apropiadas:

a)  $M_{\beta_1 \square}(g) = M_{\beta_8 \square} M_{\square \beta_6}(g) M_{\beta_1 \square}$ ;

b)  $M_{\beta_3 \beta_5}(g) = M_{\square \square} M_{\beta_1 \beta_8}(g) M_{\square \square}$ .

**Solución:**

$$M_{\beta_1 \beta_8}(g) = M_{\beta_8 \beta_6} M_{\beta_1 \beta_6}(g) M_{\beta_1 \beta_1}$$

$$M_{\beta_3 \beta_5}(g) = M_{\beta_5 \beta_8} M_{\beta_1 \beta_8}(g) M_{\beta_1 \beta_3}$$

- (1.5). De una matriz  $A$  sabemos que tiene como polinomio característico a  $p(x) = (x^2 + 25)$ . Calcula  $\sigma_A$  y justifica si la matriz  $A$  es diagonalizable o no lo es.

**Solución:**

Como  $\sigma_A = \{5i, -5i\}$  la matriz tiene valores propios complejos y por lo tanto no es diagonalizable.

- (1.6). De una matriz  $A \in M_{n \times m}(\mathbb{R})$  sabemos que tiene como polinomio característico a  $p(x) = (x^2 + 25)$ . Da los valores de  $n$  y de  $m$ .

**Solución:**

El tamaño de la matriz será  $2 \times 2$ , es decir,  $n = m = 2$ .

**Ejercicio 2 (Aplicaciones lineales, 3 puntos).**

Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal de la que sabemos que  $M_{\beta_c^3 \beta_c^3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & a \\ 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & c \end{pmatrix}$  y que  $f(0, 0, 1) = (-2, -1, 0)$ . Se pide:

- (2.1). Encuentra los valores de  $a$ , de  $b$  y de  $c$ .

**Solución:**

Como  $f(0, 0, 1)$  es el vector que está en la tercera columna de la matriz dada, se ve que  $a = -2, b = -1, c = 0$ .

- (2.2). Calcula la expresión analítica de  $f$ , es decir, calcula  $f(x, y, z)$ .

**Solución:**

$$f(x, y, z) = [M_{\beta_c^3 \beta_c^3}(f)(x, y, z)^t]^t = (x + y - 2z, x - z, 0).$$

(2.3). Calcula una base, la dimensión y las ecuaciones respecto a la base canónica de  $\text{Ker } f$ .

**Solución:**

Un vector  $(x, y, z) \in \text{Ker } f$  si y sólo si  $f(x, y, z) = 0$ , es decir,  $(x, y, z)$  satisface las ecuaciones  $x + y - 2z = x - z = 0$ , que claramente son linealmente independientes. Así que  $\dim \text{Ker } f = 3 - 2 = 1$  y una base de  $\text{Ker } f$  es  $\beta_{\text{Ker } f} = \{(1, 1, 1)\}$ .

(2.4). Demuestra que  $\beta = \{v_1 = (1, 1, 1), v_2 = (0, 1, 1), v_3 = (0, 0, 1)\}$  es una base de  $\mathbb{R}^3$  y calcula  $M_{\beta\beta}(f)$ .

**Solución:**

$\beta$  es una base ya que  $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 1$ . Para obtener la matriz solicitada usamos la relación:

$$M_{\beta\beta}(f) = M_{\beta\beta_c^3} M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) M_{\beta_c^3\beta}.$$

Es fácil calcular

$$M_{\beta_c^3\beta} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

y ahora

$$M_{\beta\beta_c^3} = M_{\beta_c^3\beta}^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Finalmente

$$\begin{aligned} M_{\beta\beta}(f) &= M_{\beta\beta_c^3} M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) M_{\beta_c^3\beta} \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

(2.5). Calcula una base, la dimensión y las ecuaciones respecto a la base  $\beta$  de  $\text{Ker } f$ .

**Solución:**

Un vector  $(x, y, z)_\beta \in \text{Ker } f$  si y sólo si  $f((x, y, z)_\beta) = [M_{\beta\beta}(f)(x, y, z)^t]^t = (-y - 2z, z, y + z)_\beta = \mathbf{0}$ , así que las ecuaciones del núcleo en la base  $\beta$  son  $-y - 2z = z = y + z = 0$ . Como sólo se necesitaban dos linealmente independientes, nos quedamos con  $z = y + z = 0$ , que se pueden simplificar y queda  $z = y = 0$ . Ya sabíamos que  $\dim \text{Ker } f = 1$  y ahora  $\beta'_{\text{Ker } f} = \{(1, 0, 0)_\beta\}$ .

(2.6). Calcula el vector  $f((x, y, z)_\beta)$  expresando sus coordenadas en la base canónica. **Solución:**

$$\begin{aligned} f((x, y, z)_\beta) &= [M_{\beta\beta}(f)(x, y, z)^t]^t = (-y - 2z, z, y + z)_\beta \\ &= (-y - 2z)(1, 1, 1) + z(0, 1, 1) + (y + z)(0, 0, 1) = (-y - 2z, -y - z, 0). \end{aligned}$$

**Ejercicio 3 (Diagonalización, 2 puntos).** De una matriz  $C \in M_{4 \times 4}(\mathbb{R})$  sabemos que su espectro es  $\sigma_C = \{1, 2\}$  y que las multiplicidades de esos valores son  $m(2) = m(1) = 2$ . El espacio invariante  $V_1$  tiene como base a  $\beta_{V_1} = \{(1, 1, 1, 1), (0, 1, 1, 1)\}$  y el espacio invariante  $V_2$  tiene como base a  $\beta_{V_2} = \{(0, 0, 1, 1), (0, 0, 0, 1)\}$ . Se pide:

(3.1). Justificar por qué  $C$  es diagonalizable.

**Solución:**

$C$  es diagonalizable porque todos los valores propios son reales y además  $m(2) = \dim V_2 = 2$  y  $m(1) = \dim V_1 = 2$ .

(3.2). Encontrar una matriz diagonal  $D$  y una matriz invertible  $P$  tales que  $P^{-1}CP = D$ .

**Solución:**

$$D = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

(3.3). Calcular el vector  $C(1, 1, 1, 1)^t$ .

**Solución:**

Obsérvese que  $(1, 1, 1, 1) \in V_1 = \{x \in \mathbb{R}^4 : Cx = 1x\}$ , así que  $C(1, 1, 1, 1)^t = 1(1, 1, 1, 1)^t = (1, 1, 1, 1)^t$

(3.4). Calcular el vector  $C(0, 0, 1, 1)^t$ .

**Solución:**

Como  $(0, 0, 1, 1) \in V_2 = \{x \in \mathbb{R}^4 : Cx = 2x\}$ , entonces  $C(0, 0, 1, 1)^t = 2(0, 0, 1, 1)^t = (0, 0, 2, 2)^t$ .

(3.5). Dar el valor de  $|C|$ .

**Solución:**

$$|C| = |PDP^{-1}| = |P||D||P^{-1}| = |P||D|\frac{1}{|P|} = |D| = 4.$$

**Ejercicio 4 (Desarrollos de Taylor, 2.5 puntos).** Calcula el límite siguiente utilizando desarrollos de Taylor

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\log(1+x^2)\text{sen}(2x^4)}{x^3 \log(1+3x^3)}$$

**Solución:**

Haremos desarrollos de Taylor del numerador y denominador de orden 6:

- $\text{sen}x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + o(x^6)$ ,
- $\text{sen}(2x^4) = 2x^4 + o(x^6)$ ,
- $\log(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^6}{6} + o(x^6)$ .
- $\log(1+x^2) = x^2 - \frac{x^4}{2} + \frac{x^6}{3} + o(x^6)$ .
- $\log(1+x^2)\text{sen}(2x^4) = 2x^6 + o(x^6)$ .
- $\log(1+3x^3) = 3x^3 - \frac{9x^4}{2} + o(x^6)$ .
- $x^3 \log(1+3x^3) = 3x^6 + o(x^6)$ .

Así que:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\log(1+x^2)\text{sen}(2x^4)}{x^3 \log(1+3x^3)} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{2x^6 + o(x^6)}{3x^6 + o(x^6)} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{2 + \frac{o(x^6)}{x^6}}{3 + \frac{o(x^6)}{x^6}} = \frac{2}{3}$$

Ingeniería Técnica de Minas – Fundamentos Matemáticos

Examen final

3 de febrero de 2007, 9h00mn-12h00mn

Nombre y apellidos:	
DNI:	
Fila:	
Columna:	
E-mail:	
Teléfono:	

Pregunta	1	2	3	4	5	Total
Puntuación						

OBSERVACIONES

- Tienes que **entregar** la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un **folio nuevo** y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila y columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final** de cada uno de los apartados debe estar dentro de un **recuadro** fácil de identificar, en el que debéis poner el número del apartado.
- Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística (Campus Alfonso XIII).

DISTRIBUCIÓN DE LA PUNTUACIÓN

Ejercicio	Apartado							Todos
	1	2	3	4	5	6	7	
5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4			2
6	0.3	0.3	0.5	0.5	0.4			2
7								2
8								2
9								2

Ejercicio 5 (Cuestiones, 2 puntos).

- (5.1). Considera el conjunto de vectores  $S = \{(1, 2, 1), (2, 1, 2)\} \subset \mathbb{Z}_3^3$ . Justifica, usando la definición, si  $S$  es linealmente dependiente o independiente.
- (5.2). Dadas matrices  $A, B \in M_{2 \times 2}(\mathbb{R})$ , demuestra o pon un contraejemplo a la igualdad  $|A + B| = |A| + |B| - |A||B|$ .
- (5.3). Sea  $g : \mathbb{R}^{1989} \rightarrow \mathbb{R}^{2007}$  una aplicación lineal y sean  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  bases de  $\mathbb{R}^{1989}$  y  $\beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$  bases de  $\mathbb{R}^{2007}$ . Se pide que completes los cuadrados vacíos de la siguiente fórmula con matrices:  
 $M_{\beta_1\beta_5}(g) = M_{\square\square} M_{\beta_2\beta_8}(g) M_{\square\square}$ .
- (5.4). Justifica si el conjunto  $K = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : y - x = 0\}$  es compacto o no lo es.

- (5.5). Si la función  $g : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  es diferenciable ¿Puedes asegurar que es continua? ¿Y que admite derivadas direccionales en cualquier dirección? ¿Y que es de clase  $C^1$ ? ¿Y de clase  $C^4$ ? (para puntuar este apartado se exige que todas las respuestas sean correctas).
- 

**Ejercicio 6 (Aplicaciones lineales, 2 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal de la que sabemos que  $M_{\beta_c^3 \beta_c^3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & a \\ 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & c \end{pmatrix}$  y que  $f(0, 0, 1) = (-2, -1, 0)$ . Se pide:

- (6.1). Encuentra los valores de  $a$ , de  $b$  y de  $c$ .
- (6.2). Calcula la expresión analítica de  $f$ , es decir, calcula  $f(x, y, z)$ .
- (6.3). Dada la base  $\beta = \{v_1 = (1, 1, 1), v_2 = (0, 1, 1), v_3 = (0, 0, 1)\}$  de  $\mathbb{R}^3$ , se pide  $M_{\beta\beta}(f)$ .
- (6.4). Calcula una base, la dimensión y las ecuaciones respecto a la base  $\beta$  de  $\text{Ker } f$ .
- (6.5). Calcula el vector  $f((x, y, z)_\beta)$  expresando sus coordenadas en la base  $\beta$ .
- 

**Ejercicio 7 (Integración múltiple, 2 puntos).** Calcula el volumen del sólido  $\Omega = \{(x, y, z) : 25 \leq x^2 + y^2 \leq 36, x \leq 0, y \leq 0, 0 \leq z \leq 2(x^2 + y^2)\}$ .

---

**Ejercicio 8 (Desarrollos de Taylor, 2 puntos).** Calcula el límite siguiente utilizando desarrollos de Taylor

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\log(1 + x^2) \operatorname{sen}(2x^4)}{x^3 \log(1 + 3x^3)}$$

---

**Ejercicio 9 (Extremos condicionados, 2 puntos).** Usando el método explicado para encontrar extremos condicionados, calcula los extremos condicionados de la función  $f(x, y) = 2(x^2 + y^2)$  con ligadura  $y = 4x^2$ . Di si son máximos o mínimos condicionados.



Ingeniería Técnica de Obras Públicas – Fundamentos Matemáticos  
Examen parcial del primer cuatrimestre  
5 de febrero de 2007, 9h30mn-12h30mn

<b>Nombre y apellidos:</b>	
<b>DNI:</b>	
<b>Fila:</b>	
<b>Columna:</b>	
<b>E-mail:</b>	
<b>Teléfono:</b>	

<b>Pregunta</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Total</b>
<b>Puntuación</b>						

- Tienes que **entregar** la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un **folio nuevo** y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila y columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final** de cada uno de los apartados debe estar dentro de un **recuadro** fácil de identificar, en el que debéis poner el número del apartado.
- Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística (Campus Alfonso XIII).

<b>Apartado</b>								
<b>E j e r c i c i o</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>Todos</b>
	<b>1</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	2.5
	<b>2</b>	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.4	3
	<b>3</b>	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		2
	<b>4</b>							2.5

**Ejercicio 1 (Cuestiones, 1.5 puntos).**

(1.1). Considera el conjunto de vectores  $S = \{(1, 2, 3), (3, 1, 4)\} \subset \mathbb{Z}_5^3$ . Justifica, usando la definición, si  $S$  es linealmente dependiente o independiente.

**Solución:**

El conjunto es linealmente dependiente porque  $(1, 2, 3) + 3(3, 1, 4) = \mathbf{0}$  y  $1 \neq 0$ .

(1.2). Sea  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  una aplicación lineal con  $n$  y  $m$  números naturales. Demuestra que si  $\mathbf{v} \in \text{Ker } f$  y  $\alpha \in \mathbb{R}$  entonces  $\alpha\mathbf{v} \in \text{Ker } f$ .

**Solución:**

$f(\alpha\mathbf{v}) = \alpha f(\mathbf{v}) = \alpha\mathbf{0} = \mathbf{0}$ , así que  $\alpha\mathbf{v} \in \text{Ker } f$ .

(1.3). Pon la fórmula del binomio de Newton, es decir,  $(a + b)^n = \dots\dots$

**Solución:**

$$(a + b)^n = \sum_{j=0}^n \binom{n}{j} a^j b^{n-j}.$$

(1.4). Sea  $g : \mathbb{R}^{1989} \rightarrow \mathbb{R}^{2007}$  una aplicación lineal y sean  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  bases de  $\mathbb{R}^{1989}$  y  $\beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$  bases de  $\mathbb{R}^{2007}$ . Se pide que completes los cuadrados vacíos de las siguientes fórmulas con matrices apropiadas:

a)  $M_{\beta_1\beta_7}(g) = M_{\square\beta_6} M_{\square\square}(g) M_{\beta_3\square};$

b)  $M_{\beta_2\beta_8}(g) = M_{\square\square} M_{\beta_1\beta_5}(g) M_{\square\square}.$

**Solución:**

a)  $M_{\beta_1\beta_7}(g) = M_{\beta_7\beta_6} M_{\beta_3\beta_6}(g) M_{\beta_3\beta_1};$

b)  $M_{\beta_2\beta_8}(g) = M_{\beta_8\beta_5} M_{\beta_1\beta_5}(g) M_{\beta_1\beta_2}.$

(1.5). De una matriz  $A$  sabemos que tiene como polinomio característico a  $p(x) = (x^2 + 25)(x - 5)^2(x + 5)$ . Calcula  $\sigma_A$  y justifica si la matriz  $A$  es diagonalizable o no lo es.

**Solución:**

$\sigma_A = \{5, -5, 5i, -5i\}$ . Así que la matriz  $A$  no es diagonalizable porque su polinomio característico tiene raíces complejas.

(1.6). ¿Cuál es el tamaño de la matriz del apartado anterior?

**Solución:**

El tamaño es  $5 \times 5$  porque el grado del polinomio característico es 5.

**Ejercicio 2 (Aplicaciones lineales, 3 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal de la que

sabemos que  $M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & a \\ 0 & 0 & b \end{pmatrix}$  y que  $(1, 1, 1) \in \text{Ker } f$ . Se pide:

(2.1). Calcula la expresión analítica de  $f$ , es decir, calcular  $f(x, y, z)$ .

**Solución:**

$$f(x, y, z) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & a \\ 0 & 0 & b \end{pmatrix} (x, y, z)^t = \left[ \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & a \\ 0 & 0 & b \end{pmatrix} (x, y, z)^t \right]^t = (x + y - 2z, x + az, bz)$$

(2.2). Encuentra los valores  $a$  y de  $b$ .

**Solución:**

Utilizaremos que  $(1, 1, 1) \in \text{Ker } f$ :

$$f(1, 1, 1)^t = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & a \\ 0 & 0 & b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 + a \\ b \end{pmatrix} = \mathbf{0},$$

así que  $a = -1, b = 0$ .

(2.3). Encuentra la dimensión, una base y las ecuaciones respecto a la base canónica del subespacio  $\text{Ker } f$ .

**Solución:**

Un vector  $(x, y, z) \in \text{Ker } f$  si y sólo si  $f(x, y, z) = \mathbf{0}$ , es decir,  $(x, y, z)$  satisface las ecuaciones  $x + y - 2z = x - z = 0$ , que claramente son linealmente independientes. Así que  $\dim \text{Ker } f = 3 - 2 = 1$  y una base de  $\text{Ker } f$  es  $\beta_{\text{Ker } f} = \{(1, 1, 1)\}$ .

- (2.4). Demuestra que  $\beta = \{v_1 = (1, 1, 1), v_2 = (0, 1, 1), v_3 = (0, 0, 1)\}$  es una base de  $\mathbb{R}^3$  y calcula  $M_{\beta\beta}(f)$ .

**Solución:**

$\beta$  es una base ya que  $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 1$ . Para obtener la matriz solicitada usamos la relación:

$$M_{\beta\beta}(f) = M_{\beta\beta_c^3} M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) M_{\beta_c^3\beta}.$$

Es fácil calcular

$$M_{\beta_c^3\beta} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

y ahora

$$M_{\beta\beta_c^3} = M_{\beta_c^3\beta}^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Finalmente

$$\begin{aligned} M_{\beta\beta}(f) &= M_{\beta\beta_c^3} M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) M_{\beta_c^3\beta} \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

- (2.5). Encuentra la dimensión, una base y las ecuaciones respecto a la base  $\beta$  del subespacio  $\text{Ker } f$ .

**Solución:**

Un vector  $(x, y, z)_\beta \in \text{Ker } f$  si y sólo si  $f((x, y, z)_\beta) = [M_{\beta\beta}(f)(x, y, z)^t]^t = (-y - 2z, z, y + z)_\beta = \mathbf{0}$ , así que las ecuaciones del núcleo en la base  $\beta$  son  $-y - 2z = z = y + z = 0$ . Como sólo se necesitaban dos linealmente independientes, nos quedamos con  $z = y + z = 0$ , que se pueden simplificar y queda  $z = y = 0$ . Ya sabíamos que  $\dim \text{Ker } f = 1$  y ahora  $\beta'_{\text{Ker } f} = \{(1, 0, 0)_\beta\}$ .

- (2.6). Calcula  $f((x, y, z)_\beta)$ , expresando sus coordenadas en la base  $\beta$ .

**Solución:**

$$f((x, y, z)_\beta) = [M_{\beta\beta}(f)(x, y, z)^t]^t = (-y - 2z, z, y + z)_\beta$$

**Ejercicio 3 (Diagonalización, 2 puntos).** De una matriz  $C \in M_{4 \times 4}(\mathbb{R})$  sabemos que su espectro es  $\sigma_C = \{\pi, e\}$  y que las multiplicidades de esos valores son  $m(\pi) = m(e) = 2$ . El espacio invariante  $V_\pi$  tiene como base a  $\beta_{V_\pi} = \{(\pi, \pi, \pi, \pi), (0, \pi, \pi, \pi)\}$  y el espacio invariante  $V_e$  tiene como base a  $\beta_{V_e} = \{(0, 0, e, e), (0, 0, 0, e)\}$ . Se pide:

- (3.1). Justificar por qué  $C$  es diagonalizable.

**Solución:**

$C$  es diagonalizable porque todos los valores propios son reales y además  $m(\pi) = \dim V_\pi = 2$  y  $m(e) = \dim V_e = 2$ .

- (3.2). Encontrar una matriz diagonal  $D$  y una matriz invertible  $P$  tales que  $P^{-1}CP = D$ .

**Solución:**

$$D = \begin{pmatrix} \pi & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \pi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e \end{pmatrix}, \quad P = \begin{pmatrix} \pi & 0 & 0 & 0 \\ \pi & \pi & 0 & 0 \\ \pi & \pi & e & 0 \\ \pi & \pi & e & e \end{pmatrix}$$

(3.3). Calcular el vector  $C(\pi, \pi, \pi, \pi)^t$ .

**Solución:**

Como  $(\pi, \pi, \pi, \pi) \in V_\pi = \{x \in \mathbb{R}^4 : Cx = \pi x\}$ , entonces  $C(\pi, \pi, \pi, \pi)^t = \pi(\pi, \pi, \pi, \pi)^t = (\pi^2, \pi^2, \pi^2, \pi^2)^t$ .

(3.4). Calcular el vector  $C(0, 0, e, e)^t$ .

**Solución:**

Como  $(0, 0, e, e) \in V_e = \{x \in \mathbb{R}^4 : Cx = ex\}$ , entonces  $C(0, 0, e, e)^t = e(0, 0, e, e)^t = (0, 0, e^2, e^2)^t$ .

(3.5). Dar el valor de  $|C|$ .

**Solución:**

$$|C| = |PDP^{-1}| = |P||D||P^{-1}| = |P||D|\frac{1}{|P|} = |D| = \pi^2 e^2.$$

**Ejercicio 4 (Cálculo de límites, 2.5 puntos).** Calcula el límite siguiente utilizando desarrollos de Taylor

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{(e^{x^2} - 1)\text{sen}(2x^6)}{x^5 \log(1 + 3x^3)}$$

**Solución:**

Haremos desarrollos de Taylor del numerador y denominador de orden 8:

- $\text{sen}x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + o(x^8)$ ,
- $\text{sen}(2x^6) = 2x^6 + o(x^8)$ ,
- $e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \frac{x^5}{5!} + \frac{x^6}{6!} + \frac{x^7}{7!} + \frac{x^8}{8!} + o(x^8)$ ,
- $e^{x^2} = 1 + x^2 + \frac{x^4}{2!} + \frac{x^6}{3!} + \frac{x^8}{4!} + o(x^8)$
- $e^{x^2} - 1 = x^2 + \frac{x^4}{2!} + \frac{x^6}{3!} + \frac{x^8}{4!} + o(x^8)$
- $(e^{x^2} - 1)\text{sen}(2x^6) = 2x^8 + o(x^8)$
- $\log(1 + x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^6}{6} + \frac{x^7}{7} - \frac{x^8}{8} + o(x^8)$ .
- $\log(1 + 3x^3) = 3x^3 - \frac{9x^6}{2} + o(x^8)$ .
- $x^5 \log(1 + 3x^3) = 3x^8 + o(x^8)$ .

Así que:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{(e^{x^2} - 1)\text{sen}(2x^6)}{x^5 \log(1 + 3x^3)} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{2x^8 + o(x^8)}{3x^8 + o(x^8)} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{2 + \frac{o(x^8)}{x^8}}{3 + \frac{o(x^8)}{x^8}} = \frac{2}{3}$$

Nombre y apellidos:	
DNI:	
Fila:	
Columna:	
E-mail:	
Teléfono:	

Pregunta	1	2	3	4	5	Total
Puntuación						

- Tienes que **entregar** la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un **folio nuevo** y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila y columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final** de cada uno de los apartados debe estar dentro de un **recuadro** fácil de identificar, en el que debéis poner el número del apartado.
- Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística (Campus Alfonso XIII).

Apartado								
Ejercicio		1	2	3	4	5	6	Todos
	5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		1.5
	6	0.3	0.3	0.6	0.3			1.5
	7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	2
	8							2.5
	9	1.5	0.5	0.5				2.5

**Ejercicio 5 (Cuestiones, 1.5 puntos).**

- (5.1). Considera el conjunto de vectores  $S = \{(1, 2, 3), (3, 1, 4)\} \subset \mathbb{Z}_5^3$ . Justifica, usando la definición, si  $S$  es linealmente dependiente o independiente.
- (5.2). Sea  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  una aplicación lineal con  $n$  y  $m$  números naturales. Demuestra que si  $\mathbf{v} \in \text{Ker } f$  y  $\alpha \in \mathbb{R}$  entonces  $\alpha \mathbf{v} \in \text{Ker } f$ .
- (5.3). Pon la fórmula del binomio de Newton, es decir,  $(a + b)^n = \dots$
- (5.4). Sea  $g : \mathbb{R}^{1989} \rightarrow \mathbb{R}^{2007}$  una aplicación lineal y sean  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  bases de  $\mathbb{R}^{1989}$  y  $\beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$  bases de  $\mathbb{R}^{2007}$ . Se pide que completes los cuadrados vacíos de las siguientes fórmulas con matrices apropiadas:

a)  $M_{\beta_1\beta_7}(g) = M_{\square\beta_6} M_{\square\square}(g) M_{\beta_3\square}$ ;

b)  $M_{\beta_2\beta_8}(g) = M_{\square\square}M_{\beta_1\beta_5}(g)M_{\square\square}$ .

(5.5). De una matriz  $A$  sabemos que tiene como polinomio característico a  $p(x) = (x^2 + 25)(x - 5)^2(x + 5)$ . Calcula  $\sigma_A$  y justifica si la matriz  $A$  es diagonalizable o no lo es.

**Ejercicio 6 (1,5 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal de la que sabemos que  $M_{\beta_c\beta_c}(f) =$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & a \\ 0 & 0 & b \end{pmatrix} \text{ y que } (1, 1, 1) \in \text{Ker } f. \text{ Se pide:}$$

(6.1). Calcula la expresión analítica de  $f$ , es decir, calcular  $f(x, y, z)$ .

(6.2). Encuentra los valores  $a$  y de  $b$ .

(6.3). Demuestra que  $\beta = \{v_1 = (1, 1, 1), v_2 = (0, 1, 1), v_3 = (0, 0, 1)\}$  es una base de  $\mathbb{R}^3$  y calcula  $M_{\beta\beta}(f)$ .

(6.4). Calcula  $f((x, y, z)_\beta)$ .

**Ejercicio 7 (2 puntos).** De una matriz  $C \in M_{4 \times 4}(\mathbb{R})$  sabemos que su espectro es  $\sigma_C = \{\pi, e\}$  y que las multiplicidades de esos valores son  $m(\pi) = m(e) = 2$ . El espacio invariante  $V_\pi$  tiene como base a  $\beta_{V_\pi} = \{(\pi, \pi, \pi, \pi), (0, \pi, \pi, \pi)\}$  y el espacio invariante  $V_e$  tiene como base a  $\beta_{V_e} = \{(0, 0, e, e), (0, 0, 0, e)\}$ . Se pide:

(7.1). Justificar por qué  $C$  es diagonalizable.

(7.2). Encontrar una matriz diagonal  $D$  y una matriz invertible  $P$  tales que  $P^{-1}CP = D$ .

(7.3). Calcular el vector  $C(\pi, \pi, \pi, \pi)^t$ .

(7.4). Calcular el vector  $C(0, 0, e, e)^t$ .

(7.5). Dar el valor de  $|C|$ .

(7.6). Calcula el límite siguiente utilizando desarrollos de Taylor

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{(e^{x^2} - 1)\text{sen}(2x^6)}{x^5 \log(1 + 3x^3)}$$


---

**Ejercicio 8 (2,5 puntos).** Sea  $f : [a, b] \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  una función acotada. Define razonadamente el concepto de integral de Riemann justificando las definiciones y resultados auxiliares que se necesiten. (1,5 puntos)

Como aplicación calcula la siguiente integral definida:

$$\int \frac{x^2 - 2}{x^3(x^2 + 1)}.$$

**Ejercicio 9 (2,5 puntos).** Para  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ , definida por

$$f(x, y) = \begin{cases} x^2 y \cos(\frac{1}{x}) & \text{si } x \neq 0, \\ 0 & \text{si } x = 0. \end{cases}$$

Se pide:

(9.1) Estudiar la diferenciabilidad en  $(0, a)$  con  $a \in \mathbb{R}$ .

(9.2) Estudiar si se verifica la igualdad

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x}(x, y)$$

(9.3) ¿Es  $\frac{\partial f}{\partial x}(x, y)$  continua para todo  $(x, y) \in \mathbb{R}^2$ ?

**EUITC – Fundamentos Matemáticos**  
**Examen parcial del segundo cuatrimestre**  
**5 de junio de 2007, 16h30mn-19h30mn**

<b>Nombre y apellidos:</b>	
<b>DNI:</b>	
<b>Fila:</b>	
<b>Columna:</b>	
<b>E-mail:</b>	
<b>Teléfono:</b>	
<b>Ejercicios elegidos:</b>	
<b>Calificación:</b>	

**Firma del alumno:**

**OBSERVACIONES**

- Tienes que **entregar** la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un **folio nuevo** y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila y columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final** de cada uno de los apartados debe estar dentro de un **recuadro** fácil de identificar, en el que debéis poner el número del apartado.
- Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística (Campus Alfonso XIII).

---

**Parte I: elige ejercicios por valor de 5 puntos.**

**Ejercicio 1 (1 punto).** Plantea la descomposición en fracciones simples (sin necesidad de calcular las constantes) de  $\frac{p(x)}{q(x)}$ , donde:  $p(x) = x^5 + 2x + 7$  y  $q(x) = (x^2 + x + 1)^3(x - 4)^2(x^2 + 2x + 1)^2$ .

**Solución.**

$$\frac{p(x)}{q(x)} = \frac{Ax + B}{x^2 + x + 1} + \frac{Cx + D}{(x^2 + x + 1)^2} + \frac{Ex + F}{(x^2 + x + 1)^3} + \frac{G}{x - 4} + \frac{H}{(x - 4)^2} + \frac{I}{x + 1} + \frac{J}{(x + 1)^2} + \frac{K}{(x + 1)^3} + \frac{L}{(x + 1)^4}$$

**Ejercicio 2 (1 punto).** Plantea la descomposición en fracciones simples (sin necesidad de calcular las constantes) de  $\frac{p(x)}{q(x)}$ , donde:  $p(x) = x^5 + 2x + 7$  y  $q(x) = (x^2 + x + 1)^2(x - 5)^2(x^2 + 4)^3$ .

**Solución.**

$$\frac{p(x)}{q(x)} = \frac{Ax + B}{x^2 + x + 1} + \frac{Cx + D}{(x^2 + x + 1)^2} + \frac{E}{x - 5} + \frac{F}{(x - 5)^2} + \frac{Gx + H}{x^2 + 4} + \frac{Ix + J}{(x^2 + 4)^2} + \frac{Kx + L}{(x^2 + 4)^3}$$

**Ejercicio 3 (1 punto).** Calcula la primitiva  $\int \frac{1}{x^2 + 2x + 5} dx$

**Solución.**

$$\begin{aligned} \int \frac{1}{x^2 + 2x + 5} dx &= \int \frac{1}{(x + 1)^2 + 4} dx = \int \frac{1}{4\left[\left(\frac{x+1}{2}\right)^2 + 1\right]} dx \\ &= \frac{1}{4} \int \frac{1}{\left(\frac{x+1}{2}\right)^2 + 1} dx = 2 \frac{1}{4} \arctan\left(\frac{x+1}{2}\right) \\ &= \boxed{\frac{1}{2} \arctan\left(\frac{x+1}{2}\right)} \end{aligned}$$

**Ejercicio 4 (1 punto).** Expresa en coordenadas esféricas el conjunto

$$\Omega = \{(x, y, z) : 2 < x^2 + y^2 + z^2 < 3, z < 0, y < 0\}$$

**Solución.**

$$\Omega_e = \{(r, \theta, \phi) : \sqrt{2} < r < \sqrt{3}, \frac{\pi}{2} < \phi < \pi, \pi < \theta < 2\pi\}$$

**Ejercicio 5 (2 puntos).** Calcula la integral  $\iiint_{\Omega} \frac{\log(x^2 + y^2 + z^2)}{x^2 + y^2 + z^2} dx dy dz$ , donde

$$\Omega = \{(x, y, z) : 1 < x^2 + y^2 + z^2 < 4, z > 0\}$$

**Solución.**

$$\begin{aligned} \iiint_{\Omega} \frac{\log(x^2 + y^2 + z^2)}{x^2 + y^2 + z^2} dx dy dz &= \iiint_{\Omega_e} \frac{\log(r^2)}{r^2} r^2 \sin \phi dr d\theta d\phi \\ &= \int_1^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{2\pi} 2 \log(r) \sin \phi d\theta d\phi dr = 2\pi \int_1^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} 2 \log(r) \sin \phi d\phi dr \\ &= 4\pi \int_1^2 \log(r) [-\cos \phi]_0^{\frac{\pi}{2}} dr = 4\pi \int_1^2 \log(r) dr = 4\pi [r \log r - r]_1^2 \\ &= 4\pi(2 \log 2 - 2 - 1 \log 1 + 1) = 4\pi(2 \log 2 - 1) \end{aligned}$$

**Ejercicio 6 (3 puntos).** Calcula  $\int_0^{1/2} \int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}} xy \sqrt{x^2 + y^2} dx dy$ .

**Solución.**

Para entender correctamente este ejercicio conviene estudiar la figura 1. En ella hemos marcado los ángulos  $\pi/6$  y  $5\pi/6$  porque son los arco senos (entre 0 y  $2\pi$ ) de  $\frac{1}{2}$ . Para describir el conjunto de integración (sombreado) distinguiremos tres zonas:

1. Si  $\theta \in (0, \frac{\pi}{6})$  entonces  $r \in (0, 1)$ .
2. Si  $\theta \in (\frac{\pi}{6}, \frac{5\pi}{6})$  entonces  $r$  varía entre 0 y la longitud  $r_0$  marcada en la figura, que verifica  $\sin \theta = \frac{1}{2r_0}$ , es decir,  $r_0 = \frac{1}{2\sin \theta}$ .
3. Si  $\theta \in (\frac{5\pi}{6}, \pi)$  entonces  $r \in (0, 1)$ .



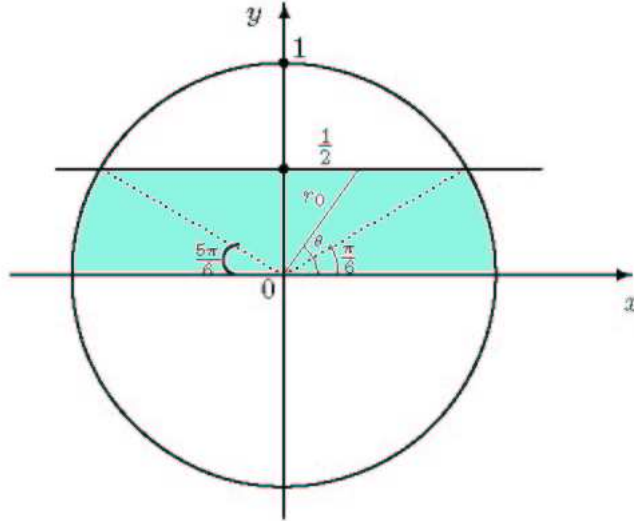


Figura 1: Región del ejercicio 6

Así que el recinto de integración en coordenadas polares es:

$$\Omega_p = \{(r, \theta) : 0 < \theta < \frac{\pi}{6}, 0 < r < 1\} \cup \{(r, \theta) : \frac{\pi}{6} < \theta < \frac{5\pi}{6}, 0 < r < \frac{1}{2\sin\theta}\} \\ \cup \{(r, \theta) : \frac{5\pi}{6} < \theta < \pi, 0 < r < 1\}$$

Finalmente:

$$\int_0^{1/2} \int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}} xy \sqrt{x^2 + y^2} dx dy = \iint_{\Omega_p} r^4 \sin\theta \cos\theta dr d\theta \\ = \int_0^1 \int_0^{\frac{\pi}{6}} r^4 \sin\theta \cos\theta dr d\theta + \int_0^1 \int_{\frac{5\pi}{6}}^{\pi} r^4 \sin\theta \cos\theta dr d\theta + \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} \int_0^{\frac{1}{2\sin\theta}} r^4 \sin\theta \cos\theta dr d\theta \\ = \frac{1}{5} \frac{1}{2} \left[ \frac{-\cos(2\theta)}{2} \right]_0^{\frac{\pi}{6}} + \frac{1}{5} \frac{1}{2} \left[ \frac{-\cos(2\theta)}{2} \right]_{\frac{5\pi}{6}}^{\pi} + \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} \frac{1}{2^5 5 \sin^5\theta} \sin\theta \cos\theta d\theta \\ = \frac{-\cos \frac{2\pi}{6} + \cos 0}{20} + \frac{-\cos 2\pi + \cos \frac{10\pi}{6}}{20} + \frac{1}{160} \frac{-1}{3} \left[ \frac{1}{\sin^3\theta} \right]_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} \\ = \frac{1}{160} \frac{-1}{3} [8 - 8] = 0$$

**Ejercicio 7 (3 puntos).** Calcula la integral  $\iint_{\Omega} \frac{x}{x^2+y^2} dx dy$ , donde

$$\Omega = \{(x, y) : \frac{1}{2} < x < 1, y > 0, x^2 + y^2 < 1\}$$

**Solución.**

Describimos el conjunto  $\Omega$  en coordenadas polares, observa que el ángulo  $\theta$  varía entre 0 y el ángulo que forma la línea discontinua con el eje de abscisas. Claramente ese ángulo tiene coseno igual a  $\frac{1}{2}$ , así que la variación de  $\theta$  es  $0 < \theta < \arccos \frac{1}{2} = \frac{\pi}{3}$ .

Ahora para un ángulo fijo  $\theta$ , que esté en el rango anterior tenemos que  $r$  varía entre un valor  $r_0$  y 1. Si miramos en el dibujo  $\cos\theta = \frac{1}{r_0}$ , así que  $r_0 = \frac{1}{2\cos\theta}$ .

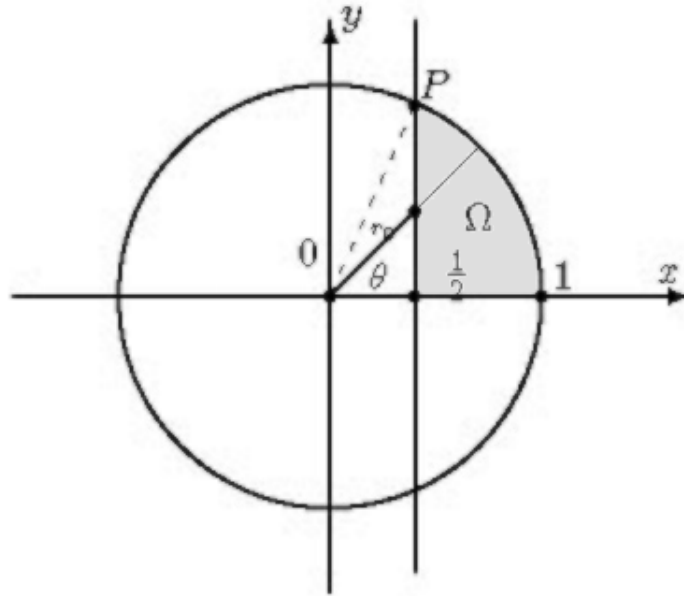


Figura 2: Región del ejercicio 7

$$\Omega_p = \{(r, \theta) : 0 < \theta < \frac{\pi}{3}, \frac{1}{2\cos\theta} < r < 1\}$$

$$\begin{aligned} \iint_{\Omega} \frac{x}{x^2 + y^2} dx dy &= \iint_{\Omega_p} \frac{r \cos \theta}{r^2} r dr d\theta = \int_0^{\frac{\pi}{3}} \cos \theta \left(1 - \frac{1}{2\cos\theta}\right) d\theta = \int_0^{\frac{\pi}{3}} \cos \theta - \frac{1}{2} d\theta \\ &= \left[ \text{sen } \theta - \frac{\theta}{2} \right]_0^{\frac{\pi}{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\pi}{6} \end{aligned}$$

**Ejercicio 8 (3 puntos).** Las superficies  $x^2 + y^2 + z^2 = 9$  y  $z = \sqrt{x^2 + y^2}$  limitan dos sólidos, calcula el que tiene únicamente puntos  $(x, y, z)$  con  $z \geq 0$ .

*Indicación: haz un cambio a coordenadas cilíndricas.*

**Solución.** La intersección de ambas superficies es el círculo  $x^2 + y^2 = \frac{9}{2}$ . El sólido que limitan (en coordenadas cilíndricas) es:

$$\Omega_c = \{(r, \theta, z) : 0 < r < \sqrt{\frac{9}{2}} = \frac{3}{\sqrt{2}}, 0 < \theta < 2\pi, r < z < \sqrt{9 - r^2}\}$$

Así que:

$$\begin{aligned} V &= \iiint_{\Omega_c} 1 r dr d\theta dz = \int_0^{\frac{3}{\sqrt{2}}} \int_0^{2\pi} \int_r^{\sqrt{9-r^2}} r dz d\theta dr \\ &= \frac{1}{2} \int_0^{\frac{3}{\sqrt{2}}} \int_0^{2\pi} (9 - 2r^2) d\theta dr = \pi \int_0^{\frac{3}{\sqrt{2}}} (9 - 2r^2) dr \\ &= \pi \left[ 9r - \frac{2}{3} r^3 \right]_0^{\frac{3}{\sqrt{2}}} = \pi \left[ \frac{27}{\sqrt{2}} - 2 \frac{9}{\sqrt{8}} \right] = \pi \left[ \frac{27}{\sqrt{2}} - \frac{9}{\sqrt{2}} \right] \\ &= \frac{18\pi}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

**Ejercicio 9 (4 puntos).** Calcula la primitiva  $\int \frac{1}{(x^2+x+3)^2} dx$

**Ejercicio 10 (5 puntos).** Calcula el volumen del sólido encerrado por la esfera  $x^2 + y^2 + z^2 = 16$  y por el cilindro  $x^2 + (y - 2)^2 = 4$ .

*Indicación: el resultado no es  $\frac{2}{3}\pi 4^3$ .*

Parte II: elige ejercicios por valor de un punto.

**Ejercicio 11 (0.25 puntos).** Da un ejemplo de un conjunto de  $\mathbb{R}^2$  que sea abierto y cerrado

**Solución.** El propio  $\mathbb{R}^2$ .

**Ejercicio 12 (0.5 puntos).** ¿Existe algún conjunto abierto y compacto en  $\mathbb{R}^2$ ? ¿Por qué/Cuál y por qué?

**Solución.** El conjunto vacío es abierto, cerrado y está acotado, luego es compacto.

**Ejercicio 13 (0.5 puntos).** ¿Es la aplicación  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  definida por  $f(x, y) = x^2 + y^2$  una norma?

**Solución.** No porque  $f(2(x, y)) = 4x^2 + 4y^2 \neq 2f(x, y) = 2x^2 + 2y^2$

**Ejercicio 14 (0.25 puntos).** ¿Es la aplicación  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  definida por  $f(x, y) = \sin(x^2 + y^2)$  una norma?

**Solución.** No porque toma valores negativos. En efecto  $f(0, \sqrt{3\pi/2}) = \sin(\frac{3\pi}{2}) = -1$

**Ejercicio 15 (1 punto).** Calcula y justifica, si existe, el límite

$$\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{x^3 + y^3}{x^2 + y^2}.$$

**Solución.** El límite existe y vale 0. Lo calculamos usando coordenadas polares:

▪

$$\lim_{r \rightarrow 0} \frac{r^3 \cos \theta + r^3 \sin \theta}{r^2} = \lim_{r \rightarrow 0} r \cos \theta + r \sin \theta = 0.$$

▪

$$|r \cos \theta + r \sin \theta - 0| = |r| |\cos \theta + \sin \theta| \leq |r| (|\cos \theta| + |\sin \theta|) \leq r = F(r).$$

Además  $\lim_{r \rightarrow 0} F(r) = 0$ .

Así que  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{x^3 + y^3}{x^2 + y^2} = 0$ .

Parte III: elige ejercicios por valor de cuatro puntos.

**Ejercicio 16 (0,5 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^{2007} \rightarrow \mathbb{R}^{2008}$  una aplicación de clase  $C^2$  y  $\mathbf{a}$  un punto de  $\mathbb{R}^{2007}$  ¿Es  $Jf(\mathbf{a})$  una matriz simétrica? ¿Qué tamaño tiene?

**Solución.**  $Jf(\mathbf{a})$  no es simétrica puesto que no es cuadrada, tiene tamaño  $2007 \times 2008$ .

**Ejercicio 17 (0,5 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^{2007} \rightarrow \mathbb{R}$  una aplicación de clase  $C^2$  y  $\mathbf{a}$  un punto de  $\mathbb{R}^{2007}$  ¿Es  $Hf(\mathbf{a})$  una matriz simétrica? ¿Qué tamaño tiene?

**Solución.** Al ser de clase  $C^2$  es simétrica por no intervenir el orden de derivación en las parciales de orden 2. El tamaño de  $Hf(\mathbf{a})$  es  $2007 \times 2007$ .

**Ejercicio 18 (1 punto).** Calcula el plano tangente a la superficie  $z = xy \sin(x + y)$  en el punto  $(0, 2\pi, 0)$ .

**Solución.** La ecuación del plano tangente en un punto  $(x_0, y_0, z_0)$  es:

$$z - z_0 = \frac{\partial z}{\partial x}(x_0, y_0)(x - x_0) + \frac{\partial z}{\partial y}(x_0, y_0)(y - y_0).$$

$$\frac{\partial z}{\partial x}(x, y) = y \operatorname{sen}(x + y) + xy \operatorname{cos}(x + y)$$

$$\frac{\partial z}{\partial y}(x, y) = x \operatorname{sen}(x + y) + xy \operatorname{cos}(x + y)$$

$$\frac{\partial z}{\partial x}(0, 2\pi) = 2\pi \operatorname{sen}(2\pi) = 0$$

$$\frac{\partial z}{\partial y}(0, 2\pi) = 0$$

Así que el plano tangente es  $\boxed{z = z_0 = 0}$ .

**Ejercicio 19 (1 punto).** Calcula las derivadas parciales  $\frac{\partial^4 u}{\partial y^4}$ ,  $\frac{\partial^4 u}{\partial y^3 \partial x}$ ,  $\frac{\partial^3 u}{\partial x \partial y^2}$  si

$$u = x - y + x^2 + 2xy + y^2 + 3x^3 - x^2y - y^3 + 2x^4 - 12x^2y^2 + 3y^4.$$

**Solución.**

$$\frac{\partial u}{\partial y} = -1 + 2x + 2y - x^2 - 3y^2 - 24x^2y + 12y^3$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 2 - 6y - 24x^2 + 36y^2$$

$$\frac{\partial^3 u}{\partial y^3} = -6 + 72y$$

$$\boxed{\frac{\partial^4 u}{\partial y^4} = 72}$$

$$\boxed{\frac{\partial^3 u}{\partial y^2 \partial x} = -48x}$$

$$\boxed{\frac{\partial^4 u}{\partial y^3 \partial x} = 0}$$

**Ejercicio 20 (1 punto).** Sea  $f : \mathbb{R}^5 \rightarrow \mathbb{R}$  una función. Responde justificadamente a las cuestiones:

1. ¿Como mucho, cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden dos diferentes existen si  $f$  es de clase  $C^2$ ? (0.75 puntos)
2. ¿Cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden dos existen? (0.25 puntos)

**Ejercicio 21 (2 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^5 \rightarrow \mathbb{R}$  una función. Responde justificadamente a las cuestiones:

1. ¿Como mucho, cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden tres diferentes existen si  $f$  es de clase  $C^3$ ? (0.75 puntos)
2. ¿Cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden tres existen? (0.75 puntos)

**Ejercicio 22 (2 puntos).** Calcula los extremos relativos, si existen, de la función  $f(x, y) = (x^2 + x + 1)(y^2 + 1)$ .

**Solución.** Imponemos las condiciones necesarias para la existencia de extremos:

$$\begin{aligned}\frac{\partial f}{\partial x}(x, y) &= (2x + 1)(y^2 + 1) = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial y}(x, y) &= (x^2 + x + 1)2y = 0\end{aligned}$$

La única solución de este sistema es  $P = (-\frac{1}{2}, 0)$ . Estudiamos el hessiano en dicho punto.

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(x, y) &= 2(y^2 + 1) \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}(x, y) &= (2x + 1)2y \\ \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}(x, y) &= (x^2 + x + 1)2 \\ Hf(x, y) &= \begin{pmatrix} 2(y^2 + 1) & (2x + 1)2y \\ (2x + 1)2y & (x^2 + x + 1)2 \end{pmatrix}\end{aligned}$$

Estudiamos el hessiano en el punto P:

$$\boxed{P_1 = (-\frac{1}{2}, 0)}$$

$$Hf(P_1) = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & \frac{3}{2} \end{pmatrix}$$

Así que la sucesión asociada a este punto es:

$$1, 2, 3$$

y en consecuencia el punto  $P$  es un mínimo condicionado de la función  $f$ .

**Ejercicio 23 (2 puntos).** Calcula la matriz jacobiana  $JF(2, 0)$ , donde  $F = g \circ f$ ,  $f(x, y) = (x^2 + y^2, 2xy, y)$  y  $g(x, y, z) = (xyz, e^z(x + z), \log(z + 1))$ .

*Indicación: utiliza la fórmula del jacobiano de una composición de funciones*

**Ejercicio 24 (2 puntos).** Calcula (utilizando el método de los multiplicadores de Lagrange) los extremos condicionados de la función  $f : (0, +\infty)^2 \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $f(x, y) = x^2 + y^2$ , sujeta a las condiciones  $x + y = 1$ .

**Solución.** La lagrangiana asociada a este problema es:

$$L(x, y) = x^2 + y^2 + \lambda(x + y - 1)$$

Imponemos las condiciones para la búsqueda de puntos candidatos a extremos:

$$\left. \begin{aligned}\frac{\partial L}{\partial x}(x, y) &= 2x + \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial y}(x, y) &= 2y + \lambda = 0 \\ x + y &= 1\end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned}-2x &= \lambda \\ -2y &= \lambda \\ x + y &= 1\end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned}x &= y \\ x + y &= 1\end{aligned} \right\} \\ \Rightarrow x = y = \frac{1}{2}$$

Así que los candidatos a extremos son  $P = (\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ .

Calculamos la matriz hessiana:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 L}{\partial x^2}(x, y) &= 2 \\ \frac{\partial^2 L}{\partial y^2}(x, y) &= 2 \\ \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial y}(x, y) &= 0 \\ HL(x, y) &= \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}\end{aligned}$$

Ahora evaluamos

$$(h_1, h_2)HL(P_i)(h_1, h_2)^t = (h_1, h_2)(2h_1, 2h_2)^t = 2(h_1^2 + h_2^2) > 0,$$

así que  $P$  es un mínimo condicionado.

**Ejercicio 25 (3 puntos).** Calcula (utilizando el método de los multiplicadores de Lagrange) los extremos condicionados de la función  $f : (0, +\infty)^2 \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $f(x, y) = x^2 + y^2$ , sujeta a las condiciones  $\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = 1$ .

**Solución.** La lagrangiana asociada a este problema es:

$$L(x, y) = x^2 + y^2 + \lambda\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{y} - 1\right)$$

Imponemos las condiciones para la búsqueda de puntos candidatos a extremos:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial x}(x, y) = 2x - \frac{1}{x^2}\lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial y}(x, y) = 2y - \frac{1}{y^2}\lambda = 0 \\ x^2 + y^2 = 1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} 2x^3 = \lambda \\ 2y^3 = \lambda \\ x^2 + y^2 = 1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} x^3 = y^3 \Rightarrow x = y \\ x^2 + y^2 = 1 \end{aligned} \right\} \\ \Rightarrow 2x^2 = 1 \Rightarrow x = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \}$$

Así que los candidatos a extremos son  $P_1 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$  y  $P_2 = \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$ . Para ambos puntos  $\lambda = \frac{1}{\sqrt{8}}$ .  
Calculamos la matriz hessiana:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 L}{\partial x^2}(x, y) &= 2 + \frac{2}{x^3}\lambda = 2 + 4 = 6 \\ \frac{\partial^2 L}{\partial y^2}(x, y) &= 2 + \frac{2}{y^3}\lambda = 2 + 4 = 6 \\ \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial y}(x, y) &= 0 \\ HL(x, y) &= \begin{pmatrix} 6 & 0 \\ 0 & 6 \end{pmatrix}\end{aligned}$$

Ahora evaluamos

$$(h_1, h_2)HL(P_i)(h_1, h_2)^t = (h_1, h_2)(6h_1, 6h_2)^t = 6(h_1^2 + h_2^2) > 0,$$

así que ambos puntos son mínimos condicionados.

**Ejercicio 26 (4 puntos).** Comprueba si el sistema de ecuaciones

$$\begin{cases} x + y^2 - z^2 - t^2 = -12 \\ x^2 - y^2 - z - t = -6 \end{cases}$$

define a  $(z, t)$  como funciones implícitas de  $(x, y)$  en un abierto del punto  $(x, y) = (0, 1)$  con los valores  $(z, t) = (2, 3)$  (2 puntos).

Calcula  $\frac{\partial t}{\partial x}(0, 1)$  (1 punto).

Calcula  $\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}(0, 1)$  (1 punto).

**Solución.** Definimos las funciones  $f_1(x, y, z, t) = x + y^2 - z^2 - t^2 + 12$ ,  $f_2(x, y, z, t) = x^2 - y^2 - z - t + 6$ . Puesto que:

1.  $f_1(0, 1, 2, 3) = f_2(0, 1, 2, 3) = 0$  y

2.  $\begin{vmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial z}(0, 1, 2, 3) & \frac{\partial f_1}{\partial t}(0, 1, 2, 3) \\ \frac{\partial f_2}{\partial z}(0, 1, 2, 3) & \frac{\partial f_2}{\partial t}(0, 1, 2, 3) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -4 & -6 \\ -1 & -1 \end{vmatrix} = -2 \neq 0$

deducimos que  $z$  y  $t$  son funciones de  $x$  y  $y$  localmente en torno a los puntos dados.

Ingeniería Técnica de Obras Públicas – Fundamentos Matemáticos  
Examen final  
25 de junio de 2007, 9h-12h

Nombre y apellidos:	
DNI:	
Fila:	
Columna:	
E-mail:	
Teléfono:	
Elección de preguntas:	

Pregunta									<b>Total</b>
Puntuación									

BLOQUES DE PROBLEMAS

Bloque	Ejercicios del bloque	Puntuación
<b>I</b>	1, 5	1 punto
<b>II</b>	3, 4	1.5 puntos
<b>III</b>	8,9	0.75 puntos
<b>IV</b>	10, 11, 12, 13	1.5-2.5 puntos

MODALIDADES DE EXAMEN

- **Examen final:** responde a los ejercicios 2, 6 y 7. Además debes elegir y responder un problema de cada uno de los bloques I, II, III, IV.
- **Primer parcial:** responde a los ejercicios 1, 2, 3, 4 y 5. En este caso la puntuación de cada problema se multiplica por  $\frac{4}{3}$ , es decir, es necesario sacar 3.75 puntos para aprobar.
- **Segundo parcial:** responde a los ejercicios 6, 7, 11, 14 y elige y responde a un problema de cada uno de los bloques III y IV (que no sean ni el 11 ni el 14). En este caso la puntuación de cada problema se multiplica por  $\frac{5}{4}$ , es decir, es necesario sacar 4 puntos para aprobar.

**Ejercicio 1 (1 punto).** Sea  $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \end{pmatrix} \in M_{4 \times 4}(\mathbb{Z}_7)$ , calcula  $A^{-1}$  si es posible.

**Solución.** Usaremos la fórmula  $A^{-1} = |A|^{-1} \text{Adj}(A)^t$ . Así que:

$$A^{-1} = 6 \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}^t = \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 6 \end{pmatrix}^t = \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 6 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 2 (Aplicaciones lineales, 2.5 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$  una aplicación lineal de la que sabemos que  $M_{\beta_2 \beta_3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & a & 0 \end{pmatrix}$  y que  $f(0, 1, 0) = (1, 0)$ . Se pide:



(2.1). Calcula la expresión analítica de  $f$ , es decir, calcula  $f(x, y, z)$  (0.2 puntos).

**Solución.**

$$f(x, y, z) = \left[ \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & a & 0 \end{pmatrix} (x, y, z)^t \right]^t = (x + y - 2z, x + ay)$$

(2.2). Encuentra el valor de  $a$  (0.3 puntos).

**Solución.** Usando que  $f(0, 1, 0) = (1, 0)$  se tiene  $a = 0$ .

(2.3). Sea  $\beta = \{v_1 = (0, 0, 1), v_2 = (0, 1, 1), v_3 = (1, 1, 1)\}$  y  $\beta' = \{w_1 = (1, 1), w_2 = (0, 1)\}$ . Calcula  $M_{\beta\beta'}(f)$  (0.5 puntos).

**Solución.**

$$\begin{aligned} f(v_1) &= f(0, 0, 1) = (-2, 0) = -2w_1 + 2w_2 = (-2, 2)_{\beta'} \\ f(v_2) &= f(0, 1, 1) = (-1, 0) = -w_1 + w_2 = (-1, 1)_{\beta'} \\ f(v_3) &= f(1, 1, 1) = (0, 1) = w_2 = (0, 1)_{\beta'} \end{aligned}$$

Así que:

$$M_{\beta\beta'}(f) = \begin{pmatrix} -2 & -1 & 0 \\ 2 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

(2.4). Encuentra una base y las ecuaciones respecto a la base  $\beta$  del subespacio  $\text{Ker } f$  (0.5 puntos).

**Solución.**

Un vector  $(x, y, z)_{\beta} \in \text{Ker } f$  si y sólo si  $f((x, y, z)_{\beta}) = [M_{\beta\beta'}(f)(x, y, z)^t]^t = (-2x - y, 2x + y + z)_{\beta'} = \mathbf{0}$ , así que las ecuaciones del núcleo en la base  $\beta$  son  $-2x - y = 2x + y + z = 0$ . Una base de este subespacio es  $\beta'_{\text{Ker } f} = \{(1, -2, 0)_{\beta}\}$ .

(2.5). Sea  $S = \langle (0, 0, 1)_{\beta} \rangle$ . Calcula las ecuaciones respecto a la base  $\beta$  del subespacio  $\text{Ker } f + S$  ¿Es la suma anterior directa? ¿Por qué? (0.5 puntos)

**Solución.** Un conjunto generador del espacio  $H = \text{Ker } f + S$  es  $\{(1, -2, 0)_{\beta}, (0, 0, 1)_{\beta}\}$  y como ambos vectores son linealmente independientes entonces también son una base. Así que si  $(x, y, z)_{\beta} \in H$  entonces

$$(x, y, z)_{\beta} = \lambda(0, 0, 1)_{\beta} + \mu(1, -2, 0)_{\beta} \Rightarrow x = \mu, y = -2\mu, z = \lambda$$

Hacemos notar que necesitamos sólo una ecuación (dimensión de  $\mathbb{R}^3$ -dimensión de  $H$ ), que será  $2x + y = 0$ .

La suma es directa porque  $S \cap \text{Ker } f = \{\mathbf{0}\}$ .

(2.6). Calcula  $f((x, y, z)_{\beta})$ , expresando sus coordenadas en la base  $\beta'$  (0.5 puntos).

**Solución.**

$$f((x, y, z)_{\beta}) = [M_{\beta\beta'}(f)(x, y, z)^t]^t = (-2x - y, 2x + y + z)_{\beta'}$$

---

**Ejercicio 3 (Diagonalización, 1.5 puntos).** De una matriz  $C \in M_{4 \times 4}(\mathbb{R})$  sabemos que su espectro es  $\sigma_C = \{3, 4\}$  y que las multiplicidades de esos valores son  $m(3) = 3$  y  $m(4) = 1$ . El espacio invariante  $V_3$  tiene como base a  $\beta_{V_3} = \{(0, 0, 0, 2), (0, 0, 1, 0), (0, 2, 1, 1)\}$  y el espacio invariante  $V_4$  tiene como base a  $\beta_{V_4} = \{(4, 1, 1, 1)\}$ . Sin calcular la matriz  $C$ , se pide:

(3.1). Justificar por qué  $C$  es diagonalizable.

**Solución.**  $C$  es diagonalizable porque todos los valores propios son reales y además  $m(3) = \dim V_3 = 3$  y  $m(4) = \dim V_4 = 1$ .

(3.2). Encontrar una matriz diagonal  $D$  y una matriz invertible  $P$  tales que  $P^{-1}CP = D$ .

**Solución.**

$$D = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}, \quad P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

(3.3). Calcular el vector  $C(20, 5, 5, 5)^t$ .

**Solución.** Como  $(20, 5, 5, 5) \in V_4 = \{x \in \mathbb{R}^4 : Cx = 4x\}$ , entonces  $C(20, 5, 5, 5)^t = 4(20, 5, 5, 5)^t = (80, 20, 20, 20)^t$ .

(3.4). Justificar si  $C^{2007}$  es diagonalizable.

**Solución.** Sabemos que  $C = PDP^{-1}$ , así que  $C^{2007} = PD^{2007}P^{-1}$  y como cualquier potencia de  $D$  es diagonal entonces  $C^{2007}$  es diagonalizable.

**Ejercicio 4 (Polinomio de Taylor, 1.5 puntos).** Calcula un valor aproximado de  $\sin(\frac{1}{4}) + \cos(\frac{1}{4})$  cometiendo un error menor que  $10^{-3}$ .

**Solución.** Usamos el teorema de Taylor para  $f(x) = \sin x + \cos x$ , centrado el desarrollo en 0:

$$f(x) = \sin x + \cos x = f(0) + \frac{f'(0)}{1!}x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \frac{f'''(0)}{3!}x^3 + \dots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n + R_n(x)$$

donde  $R_n(x)$  es el resto de Lagrange de orden  $n$  y vale  $R_n(x) = \frac{f^{(n+1)}(\theta)}{(n+1)!}x^{n+1}$ , siendo  $\theta$  un valor entre 0 y  $x$ .

Así que tenemos que conseguir que  $E = |R_n(\frac{1}{4})| = |\frac{f^{(n+1)}(\theta)}{(n+1)!}(\frac{1}{4})^{n+1}| \leq \frac{2}{(n+1)!}(\frac{1}{4})^{n+1} < 10^{-3}$  o equivalentemente  $2 < \frac{4^{n+1}(n+1)!}{1000}$

Calculamos el valor de  $n$  para el que satisface la desigualdad anterior:

$n$	$\frac{4^{n+1}(n+1)!}{1000}$
1	0.032
2	0.384
3	6.144

Así que necesitamos un desarrollo de Taylor de orden 3 para cometer un error menor que  $10^{-3}$  al aproximar  $f(\frac{1}{4})$  por el valor del desarrollo en  $\frac{1}{4}$ . Como el desarrollo de Taylor de orden 3 es:  $P_3(x) = 1 + x - \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6}$  entonces:

$$\boxed{\sin \frac{1}{4} + \cos \frac{1}{4} \simeq 1,21615}$$

**Ejercicio 5 (1 punto).**

Sea  $g : \mathbb{R}^{2000} \rightarrow \mathbb{R}^{2007}$  una aplicación lineal y sean  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  bases de  $\mathbb{R}^{2000}$  y  $\beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$  bases de  $\mathbb{R}^{2007}$ . Se pide que completes los cuadrados vacíos de las siguientes fórmulas con matrices apropiadas:

1.  $M_{\beta_1\beta_7}(g) = M_{\square\beta_5}M_{\square\square}(g)M_{\beta_4\square}$ ;

$$2. M_{\beta_1\beta_8}(g) = M_{\square\square}M_{\beta_3\beta_7}(g)M_{\square\square}.$$

**Solución.**

$$1. M_{\beta_1\beta_7}(g) = M_{\beta_7\beta_5}M_{\beta_4\beta_5}(g)M_{\beta_4\beta_1};$$

$$2. M_{\beta_1\beta_8}(g) = M_{\beta_8\beta_7}M_{\beta_3\beta_7}(g)M_{\beta_3\beta_1}.$$

**Ejercicio 6 (2 puntos).** Calcula la integral  $\iiint_{\Omega} \frac{\text{sen}(\sqrt{x^2+y^2+z^2})}{x^2+y^2+z^2} dx dy dz$ , donde

$$\Omega = \{(x, y, z) : 1 < x^2 + y^2 + z^2 < 49, z > 0, x < 0\}$$

**Solución.**

$$\begin{aligned} \iiint_{\Omega} \frac{\text{sen}(\sqrt{x^2+y^2+z^2})}{x^2+y^2+z^2} dx dy dz &= \iiint_{\Omega_e} \frac{\text{sen}(r)}{r^2} r^2 \text{sen} \phi dr d\theta d\phi \\ &= \int_1^7 \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{3\pi}{2}} \int_0^{\pi/2} \text{sen}(r) \text{sen} \phi d\phi d\theta dr = \pi \int_1^7 \text{sen} r \int_0^{\pi/2} \text{sen} \phi d\phi dr \\ &= \pi \int_1^7 \text{sen} r dr = \pi(-\cos 7 + \cos 1). \end{aligned}$$

**Ejercicio 7 (0.75 puntos).** ¿Es la aplicación  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  definida por  $f(x, y) = \log((2x)^2 + (2y)^2)$  una norma?

**Solución.** No porque toma valores negativos. En efecto  $f(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}) = \log(\frac{1}{2}) < 0$

**Ejercicio 8 (0,75 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^7$  una aplicación de clase  $C^2$ ,  $\mathbf{a}$  un punto de  $\mathbb{R}^m$  y  $A \in M_{n \times 10}(\mathbb{R})$  ¿Para qué valores de  $m$  y  $n$  se puede calcular la suma  $A + Jf(\mathbf{a})$ ? ¿Se podría calcular el determinante de  $Jf(\mathbf{a})$  para estos valores?

**Solución.** Para que se puedan sumar ambas matrices tienen que tener el mismo tamaño. Como  $A \in M_{n \times 10}(\mathbb{R})$  y  $Jf(\mathbf{a}) \in M_{7 \times m}(\mathbb{R})$  entonces  $n = 7$  y  $m = 10$ .

El determinante no se puede calcular porque no es una matriz cuadrada.

**Ejercicio 9 (0.75 punto).** Sea  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  una función. Responde justificadamente a las cuestiones:

1. ¿Como mucho, cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden tres diferentes existen si  $f$  es de clase  $C^3$ ? (0.5 puntos)
2. ¿Cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden tres existen? (0.25 puntos)

**Solución.** Como mucho las parciales diferentes de orden 3 que existen son las cuatro siguientes:

$$\frac{\partial^3 f}{\partial x_1^3}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_2^3}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_1^2 \partial x_2}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_2^2 \partial x_1}.$$

Además podemos decir que existen  $2^3 = 8$  parciales de orden 3 aunque puedan coincidir algunas. Las ocho parciales son:

$$\frac{\partial^3 f}{\partial x_1^3}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_2^3}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_1^2 \partial x_2}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_2^2 \partial x_1}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_2 \partial x_1^2}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_1 \partial x_2^2}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_2 \partial x_1 \partial x_2}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_1 \partial x_2 \partial x_1}.$$

**Ejercicio 10 (2.5 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^{12} \rightarrow \mathbb{R}$  una función. Responde justificadamente a las cuestiones:

1. ¿Como mucho, cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden tres diferentes existen si  $f$  es de clase  $C^3$ ? (2 puntos)
2. ¿Cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden tres existen? (0.5 puntos)

**Solución.**

Como la función es de clase  $C^3$  el orden de derivación no importa. Así que como mucho tendremos:

- $\binom{12}{3}$  parciales respecto a 3 variables diferentes (de la forma  $\frac{\partial f}{\partial x_i \partial x_j \partial x_k}$  con  $i, j, k$  distintos dos a dos).
- $2\binom{12}{2}$  parciales respecto a 2 variables diferentes, donde una se repite dos veces (de la forma  $\frac{\partial f}{\partial x_i^2 \partial x_k}$  con  $i, j$  distintos).
- 12 parciales respecto a una única variable que se repite 3 veces.

Así que como mucho existen  $\binom{12}{3} + 2\binom{12}{2} + 12 = 364$  parciales diferentes.  
 Parciales de orden 3 existen  $12^3 = 1728$ .

**Ejercicio 11 (1.5 puntos).** Calcula los extremos condicionados de la función  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $f(x, y, z) = 3x^2 + 3z^2$ , sujeta a las condiciones  $z = x^2 + 12$ ,  $y^2 = 25$ .

**Solución.** La lagrangiana asociada a este problema es:  $L(x, y, z) = 3x^2 + 3z^2 + \lambda(z - x^2 - 12) + \mu(y^2 - 25)$

Calculamos las parciales de  $L$  e imponemos las ligaduras:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial x} &= 6x - 2\lambda x = 2x(3 - \lambda) = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial y} &= 2y\mu = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial z} &= 6z + \lambda = 0, \\ y^2 &= 25, \\ z &= x^2 + 12 \end{aligned} \right\}$$

Es fácil comprobar que las únicas soluciones de este sistema son:

- $P = (0, 5, 12)$  con  $\mu = 0$  y  $\lambda = -72$
- $Q = (0, -5, 12)$  con  $\mu = 0$  y  $\lambda = -72$

Para decidir la condición de máximo o mínimo calculamos las segundas parciales de  $L$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} &= 6 - 2\lambda, & \frac{\partial^2 L}{\partial y^2} &= 2\mu, & \frac{\partial^2 L}{\partial z^2} &= 6 \\ \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial y} &= 0, & \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial z} &= 0, & \frac{\partial^2 L}{\partial y \partial z} &= 0 \end{aligned}$$

Además

$$\begin{aligned} (h_1, h_2, h_3)HL(Q)(h_1, h_2, h_3) &= (h_1, h_2, h_3)HL(P)(h_1, h_2, h_3) \\ &= (h_1, h_2, h_3) \begin{pmatrix} 150 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6 \end{pmatrix} (h_1, h_2, h_3) = 150h_1^2 + 6h_2^2 > 0 \end{aligned}$$

para todo vector  $(h_1, h_2, h_3) \neq 0$  (en principio esta condición sólo es necesario que se satisfaga para los vectores no nulos que anulan el jacobiano de las funciones condicionantes, aquí no se ha necesitado calcular esos vectores explícitamente porque hemos demostrado que la relación es positiva para cualquier vector no nulo).

Así que tanto  $P$  como  $Q$  son mínimos condicionados

---

**Ejercicio 12 (2.5 puntos).** ¿Se puede utilizar el método de los multiplicadores de Lagrange para calcular los extremos condicionados de la función  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $f(x, y) = \cos^2(\sin(x^2 + y^2))$ , sujeta a las condiciones  $x^2 + y^2 = 1$  e  $y = x$ ? ¿Cuáles son los extremos condicionados de este problema?

**Solución.** No se puede utilizar el método de los multiplicadores porque tenemos 2 condiciones para una función definida en  $\mathbb{R}^2$ .

No obstante se puede resolver el problema ya que los dos únicos punto candidatos a extremos son las soluciones del sistema formado por las ecuaciones  $x^2 + y^2 = 1$  e  $y = x$ . Estos puntos son  $P = (\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}})$  y  $Q = (-\frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}})$ .

Al haber dos candidatos a extremos quiere decir que cerca de esos puntos no hay otros puntos que satisfagan las condiciones y por lo tanto  $P$  y  $Q$  son tanto máximos como un mínimos condicionados.

---

**Ejercicio 13 (1.5 puntos).** Estudiar si la aplicación  $f(x, y) = (x \cos y, x \sin y)$  es localmente invertible para valores de  $(x, y)$  próximos a  $(1, 0)$  y de  $f(x, y)$  próximos a  $(1, 0)$ . Calcula además  $\frac{\partial f^{-1}}{\partial x}(1, 0)$  y  $\frac{\partial f^{-1}}{\partial y}(1, 0)$ .

**Solución.** Para saber si es localmente invertible comprobamos que  $|Jf(1, 0)| \neq 0$ . Calculamos primero el jacobiano en un punto  $(x, y)$ :

$$Jf(x, y) = \begin{pmatrix} \cos y & -x \sin y \\ \sin y & x \cos y \end{pmatrix}$$

Así que:

$$|Jf(1, 0)| = \left| \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right| = 1 \neq 0,$$

por lo tanto existe la función inversa para los valores enunciados en el ejercicio.

Como  $Jf^{-1}(f(1, 0)) = Jf^{-1}(1, 0) = (Jf(1, 0))^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ , entonces:

$$\boxed{\frac{\partial f^{-1}}{\partial x}(1, 0) = (1, 0), \quad \frac{\partial f^{-1}}{\partial y}(1, 0) = (0, 1).}$$


---

**Ejercicio 14 (1.5 puntos).** Comprueba si el sistema de ecuaciones

$$\begin{cases} x^5 + y^2 - z^2 - t^2 = -12 \\ x^2 - y^2 - z - t = -6 \end{cases}$$

define a  $(z, t)$  como funciones implícitas de  $(x, y)$  en un abierto del punto  $(x, y) = (0, 1)$  con los valores  $(z, t) = (2, 3)$  (0.5 puntos).

Calcula  $\frac{\partial t}{\partial x}(0, 1)$  (0.5 puntos).

Calcula  $\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}(0, 1)$  (0.5 puntos).

**Solución.** Definimos las funciones  $f_1(x, y, z, t) = x^5 + y^2 - z^2 - t^2 + 12$ ,  $f_2(x, y, z, t) = x^2 - y^2 - z - t - 6$ . Puesto que:

- $f_1(0, 1, 2, 3) = f_2(0, 1, 2, 3) = 0$  y

$$2. \left| \begin{array}{cc} \frac{\partial f_1}{\partial z}(0, 1, 2, 3) & \frac{\partial f_1}{\partial t}(0, 1, 2, 3) \\ \frac{\partial f_2}{\partial z}(0, 1, 2, 3) & \frac{\partial f_2}{\partial t}(0, 1, 2, 3) \end{array} \right| = \left| \begin{array}{cc} -4 & -6 \\ -1 & -1 \end{array} \right| = -2 \neq 0$$

deducimos que  $z$  y  $t$  son funciones de  $x$  e  $y$  localmente en torno a los puntos dados.

Calculamos ahora las parciales, derivamos respecto a  $x$  las expresiones que definen a  $z$  y a  $t$  como función de  $x$  e  $y$ :

$$\begin{cases} 5x^4 - 2z \frac{\partial z}{\partial x} - 2t \frac{\partial t}{\partial x} = 0 \\ 2x - \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\partial t}{\partial x} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Particularizamos ahora estas expresiones en  $(x, y, z, t) = (0, 1, 2, 3)$  para obtener:

$$\left. \begin{array}{l} -4 \frac{\partial z}{\partial x}(0, 1) - 6 \frac{\partial t}{\partial x}(0, 1) = 0 \\ -\frac{\partial z}{\partial x}(0, 1) - \frac{\partial t}{\partial x}(0, 1) = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{\frac{\partial z}{\partial x}(0, 1) = \frac{\partial t}{\partial x}(0, 1) = 0.}$$

Para calcular las segunda parcial solicitada tenemos que derivar las expresiones de (1) respecto a  $y$ :

$$\begin{cases} -2 \frac{\partial z}{\partial y} \frac{\partial z}{\partial x} - 2z \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} - 2 \frac{\partial t}{\partial y} \frac{\partial t}{\partial x} - 2t \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial y} = 0 \\ -\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial y} = 0 \end{cases}$$

Estas expresiones particularizadas en  $(x, y, z, t) = (0, 1, 2, 3)$  nos dan:

$$\left\{ \begin{array}{l} -4 \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}(0, 1) - 6 \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial y}(0, 1) = 0 \\ -\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}(0, 1) - \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial y}(0, 1) = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \boxed{\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}(0, 1) = \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial y}(0, 1) = 0}$$

# Ingeniería Técnica de Minas – Fundamentos Matemáticos

## Examen final

22 de junio de 2007, 9h-12h

Nombre y apellidos:	
DNI:	
Fila:	
Columna:	
E-mail:	
Teléfono:	
Elección de preguntas:	

Pregunta										<b>Total</b>
Puntuación										

### OBSERVACIONES

- Tienes que **entregar** la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un **folio nuevo** y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila** y **columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final** de cada uno de los apartados debe estar dentro de un **recuadro** fácil de identificar, en el que debéis poner el número del apartado.
- Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística (Campus Alfonso XIII).

### BLOQUES DE PROBLEMAS

Bloque	Ejercicios del bloque	Puntuación
<b>I</b>	1, 5, 6, 7	1 punto
<b>II</b>	3, 4	1.5 puntos
<b>III</b>	9, 10	0.75 puntos
<b>IV</b>	11, 12, 13	0.75 puntos
<b>V</b>	14, 15, 16, 17, 18	1.5-2.5 puntos

### MODALIDADES DE EXAMEN

- **Examen final:** responde a los ejercicios 2 y 8. Además debes elegir y responder un problema de cada uno de los bloques I, II, III, IV, V.
- **Primer parcial:** responde a los ejercicios 2, 3, 4 y a dos del bloque I. En este caso la puntuación de cada problema se multiplica por  $\frac{4}{3}$ , es decir, es necesario sacar 3.75 puntos para aprobar.
- **Segundo parcial:** responde a los ejercicios 8, 15, 18 y elige y responde a un problema de cada uno de los bloques III, IV y V (que no sean ni el 15 ni el 18). En este caso la puntuación de cada problema se multiplica por  $\frac{5}{4}$ , es decir, es necesario sacar 4 puntos para aprobar.

**Ejercicio 1 (1 punto).** Sea  $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \end{pmatrix} \in M_{4 \times 4}(\mathbb{Z}_5)$ , calcula  $A^{-1}$  si es posible.

**Solución.** Usaremos la fórmula  $A^{-1} = |A|^{-1} \text{Adj}(A)^t$ . Así que:

$$A^{-1} = 4 \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}^t = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 2 & 4 \end{pmatrix}^t = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 2 & 4 \end{pmatrix}$$

**Ejercicio 2 (Aplicaciones lineales, 2.5 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$  una aplicación lineal de la que sabemos que  $M_{\beta_c^3 \beta_c^2}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & a \end{pmatrix}$  y que  $f(0, 0, 1) = (-2, 0)$ . Se pide:

(2.1). Calcula la expresión analítica de  $f$ , es decir, calcula  $f(x, y, z)$  (0.2 puntos).

**Solución.**

$$f(x, y, z) = \left[ \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & a \end{pmatrix} (x, y, z)^t \right]^t = (x + y - 2z, x + az)$$

(2.2). Encuentra el valor de  $a$  (0.3 puntos).

**Solución.** Usando que  $f(0, 0, 1) = (-2, 0)$  se tiene  $a = 0$ .

(2.3). Encuentra la dimensión, una base y las ecuaciones respecto a la base canónica del subespacio  $\text{Ker } f$  (0.5 puntos).

**Solución.**

Un vector  $(x, y, z) \in \text{Ker } f$  si y sólo si  $f(x, y, z) = \mathbf{0}$ , es decir,  $(x, y, z)$  satisface las ecuaciones  $x + y - 2z = 0$  y  $x = 0$ , que claramente son linealmente independientes. Así que  $\dim \text{Ker } f = 3 - 2 = 1$  y una base de  $\text{Ker } f$  es  $\beta_{\text{Ker } f} = \{(0, 2, 1)\}$ .

(2.4). Sea  $\beta = \{v_1 = (0, 0, 1), v_2 = (0, 1, 1), v_3 = (1, 1, 1)\}$  y  $\beta' = \{w_1 = (1, 1), w_2 = (0, 1)\}$ . Calcula  $M_{\beta \beta'}(f)$  (0.5 puntos).



**Solución.**

$$f(v_1) = f(0, 0, 1) = (-2, 0) = -2w_1 + 2w_2 = (-2, 2)_{\beta'}$$

$$f(v_2) = f(0, 1, 1) = (-1, 0) = -w_1 + w_2 = (-1, 1)_{\beta'}$$

$$f(v_3) = f(1, 1, 1) = (0, 1) = w_2 = (0, 1)_{\beta'}$$

Así que:

$$M_{\beta\beta'}(f) = \begin{pmatrix} -2 & -1 & 0 \\ 2 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

(2.5). Encuentra una base y las ecuaciones respecto a la base  $\beta$  del subespacio  $\text{Ker } f$  (0.5 puntos).

**Solución.**

Un vector  $(x, y, z)_{\beta} \in \text{Ker } f$  si y sólo si  $f((x, y, z)_{\beta}) = [M_{\beta\beta'}(f)(x, y, z)^t]^t = (-2x - y, 2x + y + z)_{\beta'} = \mathbf{0}$ , así que las ecuaciones del núcleo en la base  $\beta$  son  $-2x - y = 2x + y + z = 0$ . Ya sabíamos que  $\dim \text{Ker } f = 1$  y ahora  $\beta'_{\text{Ker } f} = \{(1, -2, 0)_{\beta}\}$ .

(2.6). Calcula  $f((x, y, z)_{\beta})$ , expresando sus coordenadas en la base  $\beta'$  (0.5 puntos).

**Solución.**

$$f((x, y, z)_{\beta}) = [M_{\beta\beta'}(f)(x, y, z)^t]^t = (-2x - y, 2x + y + z)_{\beta'}$$

**Ejercicio 3 (Diagonalización, 1.5 puntos).** De una matriz  $C \in M_{4 \times 4}(\mathbb{R})$  sabemos que su espectro es  $\sigma_C = \{5, 7\}$  y que las multiplicidades de esos valores son  $m(5) = 3$  y  $m(7) = 1$ . El espacio invariante  $V_5$  tiene como base a  $\beta_{V_5} = \{(0, 0, 0, 1), (0, 0, 1, 0), (0, 1, 1, 1)\}$  y el espacio invariante  $V_7$  tiene como base a  $\beta_{V_7} = \{(1, 1, 1, 1)\}$ . Sin calcular la matriz  $C$ , se pide:

(3.1). Justificar por qué  $C$  es diagonalizable.

**Solución.**  $C$  es diagonalizable porque todos los valores propios son reales y además  $m(5) = \dim V_5 = 3$  y  $m(7) = \dim V_7 = 1$ .

(3.2). Encontrar una matriz diagonal  $D$  y una matriz invertible  $P$  tales que  $P^{-1}CP = D$ .

**Solución.**

$$D = \begin{pmatrix} 5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7 \end{pmatrix}, \quad P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

(3.3). Calcular el vector  $C(0, 2, 2, 2)^t$ .

**Solución.** Como  $(0, 2, 2, 2) \in V_5 = \{x \in \mathbb{R}^4 : Cx = 5x\}$ , entonces  $C(0, 2, 2, 2)^t = 5(0, 2, 2, 2)^t = (0, 10, 10, 10)^t$ .

(3.4). Dar el valor de  $|C|$ .

**Solución.**  $|C| = |PDP^{-1}| = |P||D||P^{-1}| = |P||D|\frac{1}{|P|} = |D| = 5^3 \cdot 7 = 875$ .

**Ejercicio 4 (Polinomio de Taylor, 1.5 puntos).** Calcula un valor aproximado de  $\cos(\frac{1}{4})$  cometiendo un error menor que  $10^{-3}$ .

**Solución.** Usamos el teorema de Taylor para  $f(x) = \cos x$ , centrando el desarrollo en 0:

$$f(x) = \cos x = f(0) + \frac{f'(0)}{1!}x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \frac{f'''(0)}{3!}x^3 + \dots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n + R_n(x)$$

donde  $R_n(x)$  es el resto de Lagrange de orden  $n$  y vale  $R_n(x) = \frac{f^{(n+1)}(\theta)}{(n+1)!}x^{n+1}$ , siendo  $\theta$  un valor entre 0 y  $x$ .

Así que tenemos que conseguir que  $E = |R_n(\frac{1}{4})| = \left| \frac{f^{(n+1)}(\theta)}{(n+1)!}(\frac{1}{4})^{n+1} \right| \leq \frac{1}{(n+1)!}(\frac{1}{4})^{n+1} < 10^{-3}$  o equivalentemente  $1 < \frac{4^{n+1}(n+1)!}{1000}$

Calculamos el valor de  $n$  para el que satisface la desigualdad anterior:

$n$	$\frac{4^{n+1}(n+1)!}{1000}$
1	0.032
2	0.384
3	6.144

Así que necesitamos un desarrollo de Taylor de orden 3 para cometer un error menor que  $10^{-3}$  al aproximar  $\cos \frac{1}{4}$  por el valor del desarrollo en  $\frac{1}{4}$ . Como el desarrollo de Taylor de orden 3 es:  $P_3(x) = 1 - \frac{x^2}{2}$  entonces:

$$\cos \frac{1}{4} \simeq 1 - \frac{1}{32} = 0,96875$$

**Ejercicio 5 (1 punto).** Sea  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  una aplicación lineal con  $n$  y  $m$  números naturales. Demuestra que si  $\mathbf{v} \in \text{Ker } f$  y  $\mathbf{w} \in \text{Ker } f$  entonces  $\mathbf{v} + \mathbf{w} \in \text{Ker } f$ .

**Solución.**  $\mathbf{v} + \mathbf{w} \in \text{Ker } f$  porque  $f(\mathbf{v} + \mathbf{w}) = f(\mathbf{v}) + f(\mathbf{w}) = \mathbf{0} + \mathbf{0} = \mathbf{0}$ .

---

**Ejercicio 6 (1 punto).**

Sea  $g : \mathbb{R}^{1989} \rightarrow \mathbb{R}^{2007}$  una aplicación lineal y sean  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  bases de  $\mathbb{R}^{1989}$  y  $\beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$  bases de  $\mathbb{R}^{2007}$ . Se pide que completes los cuadrados vacíos de las siguientes fórmulas con matrices apropiadas:

1.  $M_{\beta_2\beta_6}(g) = M_{\square\beta_5}M_{\square\square}(g)M_{\beta_4\square}$ ;
2.  $M_{\beta_1\beta_8}(g) = M_{\square\square}M_{\beta_2\beta_7}(g)M_{\square\square}$ .

**Solución.**

1.  $M_{\beta_2\beta_6}(g) = M_{\beta_6\beta_5}M_{\beta_4\beta_5}(g)M_{\beta_4\beta_2}$ ;
  2.  $M_{\beta_1\beta_8}(g) = M_{\beta_8\beta_7}M_{\beta_2\beta_7}(g)M_{\beta_2\beta_1}$ .
- 

**Ejercicio 7 (1 punto).** De una matriz  $A$  sabemos que tiene como polinomio característico a  $p(x) = x^3 + x^2 + x$ . Calcula  $\sigma_A$  y justifica si la matriz  $A$  es diagonalizable o no lo es.

**Solución.**  $\sigma_A = \{0, \frac{-1+i\sqrt{3}}{2}, \frac{-1-i\sqrt{3}}{2}\}$ . Así que la matriz  $A$  no es diagonalizable porque su polinomio característico tiene raíces complejas no reales.

---

**Ejercicio 8 (2 puntos).** Calcula la integral  $\iiint_{\Omega} \frac{\cos(\sqrt{x^2+y^2+z^2})}{x^2+y^2+z^2} dx dy dz$ , donde

$$\Omega = \{(x, y, z) : 36 < x^2 + y^2 + z^2 < 49, z < 0, y < 0, x < 0\}$$

**Solución.**

$$\begin{aligned} \iiint_{\Omega} \frac{\cos(\sqrt{x^2+y^2+z^2})}{x^2+y^2+z^2} dx dy dz &= \iiint_{\Omega_e} \frac{\cos(r)}{r^2} r^2 \sin \phi dr d\theta d\phi \\ &= \int_6^7 \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \int_{\pi}^{3\pi/2} \cos(r) \sin \phi d\theta d\phi dr = \frac{\pi}{2} \int_6^7 \cos r \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \sin \phi d\phi dr \\ &= \frac{\pi}{2} \int_6^7 \cos r dr = \frac{\pi}{2} (\sin 7 - \sin 6). \end{aligned}$$

---

**Ejercicio 9 (0.75 puntos).** ¿Es la aplicación  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  definida por  $f(x, y) = \sin((2x)^2 + (2y)^2)$  una norma?

**Solución.** No porque toma valores negativos. En efecto  $f(0, \frac{1}{2}\sqrt{3\pi/2}) = \sin(\frac{3\pi}{2}) = -1$

---

**Ejercicio 10 (0.75 puntos).** ¿Es la aplicación  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  definida por  $f(x, y) = x^4 + y^4$  una norma?

**Solución.** No porque  $f(2x, 2y) = 16(x^4 + y^4) \neq 2(x^4 + y^4) = |2|f(x, y)$ .

---

**Ejercicio 11 (0,75 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^{2007} \rightarrow \mathbb{R}^{2008}$  una aplicación de clase  $C^2$  y  $\mathbf{a}$  un punto de  $\mathbb{R}^{2007}$  ¿Se puede calcular el cuadrado de la matriz  $Jf(\mathbf{a})$ ? ¿Qué tamaño tendría?

**Solución.** No porque no es una matriz cuadrada, ya que  $Jf(\mathbf{a})$  tiene tamaño  $2008 \times 2007$ .

---

**Ejercicio 12 (0,75 punto).** Sea  $f : \mathbb{R}^{1989} \rightarrow \mathbb{R}$  una aplicación de clase  $C^{1989}$  y  $\mathbf{a}$  un punto de  $\mathbb{R}^{1989}$  ¿Es  $Hf(\mathbf{a})$  una matriz simétrica? ¿Qué tamaño tiene? ¿Como mucho, cuántas parciales diferentes hay en el citado hessiano?

**Solución.** La matriz  $Hf(\mathbf{a})$  es simétrica porque es de clase  $C^2$  al ser de clase  $C^{1989}$ .

El tamaño de esta matriz es  $1989 \times 1989$ .

Como mucho hay  $1 + 2 + \dots + 1988 + 1989 = \frac{1989 \cdot 1990}{2} = 1979055$ . La razón de este número es que en la primera fila hay (como mucho) 1989 parciales diferentes, en la segunda aparecen (como mucho) 1988 nuevas parciales, en la tercera (como mucho) 1987 y así sucesivamente hasta la última fila que aparece como mucho una nueva parcial.

---

**Ejercicio 13 (0.75 punto).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$  una función. Responde justificadamente a las cuestiones:

1. ¿Como mucho, cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden tres diferentes existen si  $f$  es de clase  $C^3$ ? (0.5 puntos)
2. ¿Cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden tres existen? (0.25 puntos)

**Solución.** Como mucho las parciales diferentes de orden 3 que existen son las diez siguientes:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^3 f}{\partial x_1^3}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_2^3}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_3^3}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_1^2 \partial x_2}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_1^2 \partial x_3}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_2^2 \partial x_1}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_2^2 \partial x_3}, \\ \frac{\partial^3 f}{\partial x_3^2 \partial x_1}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_3^2 \partial x_2}, \frac{\partial^3 f}{\partial x_1 \partial x_2 \partial x_3}. \end{aligned}$$

Además podemos decir que existen  $3^3 = 27$  parciales de orden 3 aunque puedan coincidir algunas.

---

**Ejercicio 14 (2.5 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^{12} \rightarrow \mathbb{R}$  una función. Responde justificadamente a las cuestiones:

1. ¿Como mucho, cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden tres diferentes existen si  $f$  es de clase  $C^3$ ? (2 puntos)
2. ¿Cuántas derivadas parciales de  $f$  de orden tres existen? (0.5 puntos)

**Solución.**

Como la función es de clase  $C^3$  el orden de derivación no importa. Así que como mucho tendremos:

- $\binom{12}{3}$  parciales respecto a 3 variables diferentes (de la forma  $\frac{\partial f}{\partial x_i \partial x_j \partial x_k}$  con  $i, j, k$  distintos dos a dos).
- $2\binom{12}{2}$  parciales respecto a 2 variable diferentes, donde una se repite dos veces (de la forma  $\frac{\partial^2 f}{\partial x_i^2 \partial x_k}$  con  $i, j$  distintos).
- 12 parciales respecto a una única variable que se repite 3 veces.

Así que como mucho existen  $\binom{12}{3} + 2\binom{12}{2} + 12 = 364$  parciales diferentes. Parciales de orden 3 existen  $12^3$ .

**Ejercicio 15 (1.5 puntos).** Calcula los extremos condicionados de la función  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $f(x, y, z) = x^2 + z^2$ , sujeta a las condiciones  $z = x^2$ ,  $y^2 = 25$ .

**Solución.** La lagrangiana asociada a este problema es:  $L(x, y, z) = x^2 + z^2 + \lambda(z - x^2) + \mu(y^2 - 25)$

Calculamos las parciales de  $L$  e imponemos las ligaduras:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial x} &= 2x - 2\lambda x = 2x(1 - \lambda) = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial y} &= 2y\mu = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial z} &= 2z + \lambda = 0, \\ y^2 &= 25, \\ z &= x^2 \end{aligned} \right\}$$

Es fácil comprobar que las únicas soluciones de este sistema son:

- $P = (0, 5, 0)$  con  $\mu = 0$  y  $\lambda = 0$
- $Q = (0, -5, 0)$  con  $\mu = 0$  y  $\lambda = 0$

Para decidir la condición de máximo o mínimo calculamos las segundas parciales de  $L$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} &= 2 - 2\lambda, & \frac{\partial^2 L}{\partial y^2} &= 2\mu, & \frac{\partial^2 L}{\partial z^2} &= 2 \\ \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial y} &= 0, & \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial z} &= 0, & \frac{\partial^2 L}{\partial y \partial z} &= 0 \end{aligned}$$

Además

$$\begin{aligned}(h_1, h_2, h_3)HL(Q)(h_1, h_2, h_3) &= (h_1, h_2, h_3)HL(P)(h_1, h_2, h_3) \\ &= (h_1, h_2, h_3) \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix} (h_1, h_2, h_3) = 2(h_1^2 + h_2^2) > 0\end{aligned}$$

para todo vector  $(h_1, h_2, h_3) \neq 0$  (en principio esta condición sólo es necesario que se satisfaga para los vectores no nulos que anulan el jacobiano de las funciones condicionantes, aquí no se ha necesitado calcular esos vectores explícitamente porque hemos demostrado que la relación es positiva para cualquier vector no nulo).

Así que tanto  $P$  como  $Q$  son mínimos condicionados

---

**Ejercicio 16 (2.5 puntos).** ¿Se puede utilizar el método de los multiplicadores de Lagrange para calcular los extremos condicionados de la función  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $f(x, y) = \cos(\sin(x^2 + y^2))$ , sujeta a las condiciones  $x + y = 1$  e  $y = 1 + x$ ? ¿Cuáles son los extremos condicionados de este problema?

**Solución.** No se puede utilizar el método de los multiplicadores porque tenemos 2 condiciones para una función definida en  $\mathbb{R}^2$ .

No obstante se puede resolver el problema ya que el único punto candidato a extremo es la solución del sistema formado por las ecuaciones  $x + y = 1$  e  $y = 1 + x$ . Este punto es  $(0, 1)$ .

Al haber un único candidato a extremo quiere decir que alrededor de ese punto no hay otro punto que satisfaga las condiciones y por lo tanto  $(0, 1)$  es tanto un máximo como un mínimo condicionado.

---

**Ejercicio 17 (1.5 puntos).** Estudiar si la aplicación  $f(x, y) = (e^y \cos x, e^y \sin x)$  es localmente invertible para valores de  $(x, y)$  próximos a  $(0, 0)$  y de  $f(x, y)$  próximos a  $(1, 0)$ . Calcula además  $\frac{\partial f^{-1}}{\partial x}(1, 0)$  y  $\frac{\partial f^{-1}}{\partial y}(1, 0)$ .

**Solución.** Para saber si es localmente invertible comprobamos que  $|Jf(0, 0)| \neq 0$ . Calculamos primero el jacobiano en un punto  $(x, y)$ :

$$Jf(x, y) = \begin{pmatrix} -e^y \sin x & e^y \cos x \\ e^y \cos x & e^y \sin x \end{pmatrix}$$

Así que:

$$|Jf(0, 0)| = \left| \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \right| = -1 \neq 0,$$

por lo tanto existe la función inversa para los valores enunciados en el ejercicio.

Como  $Jf^{-1}(1, 0) = (Jf(0, 0))^{-1} = - \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ , entonces:

$$\boxed{\frac{\partial f^{-1}}{\partial x}(1, 0) = (0, 1), \quad \frac{\partial f^{-1}}{\partial y}(1, 0) = (1, 0).}$$

---

**Ejercicio 18 (1.5 puntos).** Comprueba si el sistema de ecuaciones

$$\begin{cases} x^3 + y^2 - z^2 - t^2 = -12 \\ x^4 - y^2 - z - t = -6 \end{cases}$$

define a  $(z, t)$  como funciones implícitas de  $(x, y)$  en un abierto del punto  $(x, y) = (0, 1)$  con los valores  $(z, t) = (2, 3)$  (0.5 puntos).

Calcula  $\frac{\partial t}{\partial x}(0, 1)$  (0.5 puntos).

Calcula  $\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}(0, 1)$  (0.5 puntos).

**Solución.** Definimos las funciones  $f_1(x, y, z, t) = x^3 + y^2 - z^2 - t^2 + 12$ ,  $f_2(x, y, z, t) = x^4 - y^2 - z - t + 6$ . Puesto que:

$$1. f_1(0, 1, 2, 3) = f_2(0, 1, 2, 3) = 0 \text{ y}$$

$$2. \begin{vmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial z}(0, 1, 2, 3) & \frac{\partial f_1}{\partial t}(0, 1, 2, 3) \\ \frac{\partial f_2}{\partial z}(0, 1, 2, 3) & \frac{\partial f_2}{\partial t}(0, 1, 2, 3) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -4 & -6 \\ -1 & -1 \end{vmatrix} = -2 \neq 0$$

deducimos que  $z$  y  $t$  son funciones de  $x$  e  $y$  localmente en torno a los puntos dados.

Calculamos ahora las parciales, derivamos respecto a  $x$  las expresiones que definen a  $z$  y a  $t$  como función de  $x$  e  $y$ :

$$\begin{cases} 3x^2 - 2z \frac{\partial z}{\partial x} - 2t \frac{\partial t}{\partial x} = 0 \\ 4x^3 - \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\partial t}{\partial x} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Particularizamos ahora estas expresiones en  $(x, y, z, t) = (0, 1, 2, 3)$  para obtener:

$$\left. \begin{array}{l} -4 \frac{\partial z}{\partial x}(0, 1) - 6 \frac{\partial t}{\partial x}(0, 1) = 0 \\ -\frac{\partial z}{\partial x}(0, 1) - \frac{\partial t}{\partial x}(0, 1) = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{\frac{\partial z}{\partial x}(0, 1) = \frac{\partial t}{\partial x}(0, 1) = 0.}$$

Para calcular la segunda parcial solicitada tenemos que derivar las expresiones de respecto a  $y$ :

$$\begin{cases} -2 \frac{\partial z}{\partial y} \frac{\partial z}{\partial x} - 2z \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} - 2 \frac{\partial t}{\partial y} \frac{\partial t}{\partial x} - 2t \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial y} = 0 \\ -\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial y} = 0 \end{cases}$$

Estas expresiones particularizadas en  $(x, y, z, t) = (0, 1, 2, 3)$  nos dan:

$$\left\{ \begin{array}{l} -4 \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}(0, 1) - 6 \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial y}(0, 1) = 0 \\ -\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}(0, 1) - \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial y}(0, 1) = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \boxed{\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}(0, 1) = \frac{\partial^2 t}{\partial x \partial y}(0, 1) = 0}$$

Ingeniería Técnica de Minas – Fundamentos Matemáticos  
Examen final  
3 de septiembre de 2007, 9h-12h

Nombre y apellidos:	
DNI:	
Fila:	
Columna:	
E-mail:	
Teléfono:	

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	Total
Puntuación								

**OBSERVACIONES**

- Tienes que **entregar** la hoja de examen.
- Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un **folio nuevo** y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
- **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
- Pon la **fila y columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
- Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan importantes como las soluciones, no los ocultes.
- El **resultado final** de cada uno de los apartados debe estar dentro de un **recuadro** fácil de identificar, en el que debéis poner el número del apartado.
- Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística (Campus Alfonso XIII).

---

**Ejercicio 1 (1 punto).** Justifica si el siguiente conjunto de vectores de  $\mathbb{Z}_7^3$  es linealmente independiente o linealmente dependiente:

$$S = \{(1, 5, 3), (6, 2, 4)\}$$

**Solución.** Los vectores son linealmente dependientes porque:

$$(1, 5, 3) + (6, 2, 4) = (0, 0, 0).$$



---

**Ejercicio 2 (Aplicaciones lineales, 2.5 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal de la que sabemos que  $M_{\beta_c^3 \beta_c^3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}$  y considérense las bases siguientes de  $\mathbb{R}^3$ :

$$\beta_1 = \{(1, 0, 0), (1, 1, 0), (1, 1, 1)\}, \quad \beta_2 = \{(1, 1, 1), (0, 1, 1), (0, 0, 1)\}.$$

Se pide:

(2.1). Calcula  $M_{\beta_1 \beta_2}(f)$  (1.5 puntos).

**Solución.**

$$\begin{aligned} M_{\beta_1 \beta_2}(f) &= M_{\beta_2 \beta_c^3} M_{\beta_c^3 \beta_c^3}(f) M_{\beta_c^3 \beta_1} \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 1 \\ -4 & -3 & -2 \\ 6 & 4 & 3 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

(2.2). Calcula las ecuaciones de  $\text{Ker } f$  respecto de la base  $\beta_1$  (1 punto).

**Solución.**

Un vector  $(x, y, z)_{\beta_1} \in \text{Ker } f$  si y sólo si  $f((x, y, z)_{\beta_1}) = \mathbf{0}$ , es decir,  $(x, y, z)_{\beta_1}$  satisface las ecuaciones  $2x + 2y + z = 0$ ,  $-4x - 3y - 2z = 0$  y  $6x + 4y + 3z = 0$ . De éstas sólo se necesitan dos porque las tres son linealmente dependientes, así que podríamos coger como ecuaciones  $-4x - 3y - 2z = 0$  y  $6x + 4y + 3z = 0$ .

---

**Ejercicio 3 (Diagonalización, 1.5 puntos).** Justifica si

$$C = \begin{pmatrix} 2 & 1 & -2 \\ 0 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

es o no diagonalizable.

---

**Ejercicio 4 (2 puntos).** Calcula la integral  $\iiint_{\Omega} \frac{\cos(\sqrt{x^2+y^2+z^2})}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}} dx dy dz$ , donde

$$\Omega = \{(x, y, z) : 25 < x^2 + y^2 < 100, -5 < z < 2, x > 0\}$$

**Solución.**

$$\begin{aligned} \iiint_{\Omega} \frac{\cos(\sqrt{x^2 + y^2 + z^2})}{x^2 + y^2 + z^2} dx dy dz &= \iiint_{\Omega_e} \frac{\cos(r)}{r^2} r^2 \sin \phi dr d\theta d\phi \\ &= \int_6^7 \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \int_{\pi}^{3\pi/2} \cos(r) \sin \phi d\theta d\phi dr = \frac{\pi}{2} \int_6^7 \cos r \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \sin \phi d\phi dr \\ &= \frac{\pi}{2} \int_6^7 \cos r dr = \frac{\pi}{2} (\sin 7 - \sin 6). \end{aligned}$$

---

**Ejercicio 5 (0.75 puntos).** ¿Es la aplicación  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  definida por  $f(x, y) = \sin^2((2x)^2 + (2y)^2) + \cos^2((2x)^2 + (2y)^2)$  una norma?

**Solución.** No porque toma valores negativos. En efecto  $f(0, \frac{1}{2}\sqrt{3\pi/2}) = \sin(\frac{3\pi}{2}) = -1$

---

**Ejercicio 6 (0,75 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^k$  una aplicación de clase  $C^1$  y  $\mathbf{a}$  un punto de  $\mathbb{R}^n$  ¿Para qué valores de  $n$  y de  $k$  se puede calcular el cuadrado de  $Jf(\mathbf{a})$ ? ¿Qué tamaño tendría?

**Solución.** No porque no es una matriz cuadrada, ya que  $Jf(\mathbf{a})$  tiene tamaño  $2008 \times 2007$ .

---

**Ejercicio 7 (1.5 puntos).** Estudiar si la aplicación  $f(x, y) = (e^{y-1}\cos x, e^{y-1}\sin x)$  es localmente invertible para valores de  $(x, y)$  próximos a  $(0, 1)$  y de  $f(x, y)$  próximos a  $(1, 0)$ . Calcula además  $\frac{\partial f^{-1}}{\partial x}(1, 0)$  y  $\frac{\partial f^{-1}}{\partial y}(1, 0)$ .

**Solución.** Para saber si es localmente invertible comprobamos que  $|Jf(0, 0)| \neq 0$ . Calculamos primero el jacobiano en un punto  $(x, y)$ :

$$Jf(x, y) = \begin{pmatrix} -e^y \sin x & e^y \cos x \\ e^y \cos x & e^y \sin x \end{pmatrix}$$

Así que:

$$|Jf(0, 0)| = \left| \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \right| = -1 \neq 0,$$

por lo tanto existe la función inversa para los valores enunciados en el ejercicio.

Como  $Jf^{-1}(1, 0) = (Jf(0, 0))^{-1} = - \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ , entonces:

$$\boxed{\frac{\partial f^{-1}}{\partial x}(1, 0) = (0, 1), \quad \frac{\partial f^{-1}}{\partial y}(1, 0) = (1, 0).}$$

Ingeniería Técnica de Obras Públicas – Fundamentos Matemáticos  
Examen final  
14 de septiembre de 2007, 9h-12h

<b>Nombre y apellidos:</b>	
<b>DNI:</b>	
<b>Fila:</b>	
<b>Columna:</b>	
<b>E-mail:</b>	
<b>Teléfono:</b>	

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	Total
<b>Puntuación</b>								

OBSERVACIONES

- Tienes que **entregar** la hoja de examen.
  - Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en un **folio nuevo** y pon en él tu nombre y apellidos. En el folio del examen debes poner además tu D.N.I.
  - **No** entregues folios escritos a **lápiz**.
  - Pon la **fila y columna** de la clase en la que te has sentado según las indicaciones que te den.
  - Los cálculos que conducen a las soluciones del problema son tan im-
- portantes como las soluciones, no los ocultes.
  - El **resultado final** de cada uno de los apartados debe estar dentro de un **recuadro** fácil de identificar, en el que debéis poner el número del apartado.
  - Las notas se publicarán en el tablón de anuncios del Departamento de Matemática Aplicada y Estadística (Campus Alfonso XIII).
  - La revisión de exámenes tendrá lugar el lunes 17 de 11 a 12 y el miércoles 19 de 10.15 a 11.15.

**Ejercicio 1 (1 punto).** Justifica si la matriz de  $M_{2 \times 2}(\mathbb{Z}_5)$  que sigue es invertible o no.

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 4 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$$

**Solución.** No es invertible porque su determinante es  $3 \cdot 3 - 4 = 0$  en  $\mathbb{Z}_5$ .

**Ejercicio 2 (Aplicaciones lineales, 2.5 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal de la que sabemos que  $M_{\beta_1\beta_2}(f) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 3 & 1 & 4 \end{pmatrix}$  siendo  $\beta_1$  y  $\beta_2$  las bases siguientes de  $\mathbb{R}^3$ :

$$\beta_1 = \{(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 0)\}, \quad \beta_2 = \{(1, 1, 1), (0, 1, 1), (0, 0, 1)\}.$$

Se pide:

(2.1). Calcula  $M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f)$ , donde  $\beta_c^3$  es la base canónica de  $\mathbb{R}^3$  (1.5 puntos).

**Solución.** Usaremos la fórmula

$$\begin{aligned} M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) &= M_{\beta_c^3\beta_2}M_{\beta_1\beta_2}(f)M_{\beta_1\beta_c^3}^{-1} \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 3 & 1 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{-1} \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 3 & 1 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & -1 & 0 \\ 6 & -4 & 2 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

(2.2). Calcula  $f((2, 1, 3)_{\beta_1})$  expresando las coordenadas de este vector respecto a  $\beta_2$  (0.5 puntos).

**Solución.**

$$f((2, 1, 3)_{\beta_1}) = M_{\beta_1\beta_2}(2, 1, 3)_{\beta_1}^t = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 3 & 1 & 4 \end{pmatrix} (2, 1, 3)_{\beta_1}^t = (4, 5, 19)_{\beta_2}^t$$

(2.3). Calcula  $f(2, 1, 3)$  expresando las coordenadas de este vector respecto a  $\beta_c^3$  (0.5 puntos).

**Solución.**

$$f((2, 1, 3)) = M_{\beta_c^3\beta_c^3}(2, 1, 3)^t = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & -1 & 0 \\ 6 & -4 & 2 \end{pmatrix} (2, 1, 3)^t = (-1, 3, 14)^t$$

**Ejercicio 3 (Diagonalización, 1.5 puntos).** Justifica si las matrices que siguen son diagonalizables o no lo son:

$$B = \begin{pmatrix} 6 & 2 \\ -2 & 2 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 6 & 2 \\ 2 & 6 \end{pmatrix}.$$

**Solución.** Empezamos calculando los polinomios característicos:

$$p_B(x) = \left| \begin{pmatrix} 6-x & 2 \\ -2 & 2-x \end{pmatrix} \right| = (6-x)(2-x) + 4 = x^2 - 8x + 16 = (x-4)^2$$

$$p_C(x) = \left| \begin{pmatrix} 6-x & 2 \\ 2 & 6-x \end{pmatrix} \right| = (6-x)^2 - 4 = x^2 - 12x + 32 = (x-4)(x-8).$$

Así que los espectros son:

$$\sigma_B = \{4\} \text{ con } m(4) = 2 \text{ y } \sigma_C = \{4, 8\} \text{ con } m(4) = m(8) = 1.$$

Ya podemos decir que la matriz  $C$  es diagonalizable porque tiene dos valores propios reales distintos con multiplicidad 1.

Con la matriz  $B$  hay que llevar más cuidado y comprobar si se verifica o no  $\dim V_4 = m(4) = 2$ . Como  $\dim V_4 = 2 - \text{rg} \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ -2 & -2 \end{pmatrix} = 2 - 1 = 1 \neq m(4) = 2$  entonces la matriz  $B$  no es diagonalizable.

---

**Ejercicio 4 (2 puntos).** Calcula la integral  $\iiint_{\Omega} z^2 \frac{\log(\sqrt{x^2+y^2})}{\sqrt{x^2+y^2}} dx dy dz$ , donde

$$\Omega = \{(x, y, z) : 36 < x^2 + y^2 < 49, -15 < z < 2, x > 0\}$$

**Solución.**

$$\begin{aligned} \iiint_{\Omega} z^2 \frac{\log(\sqrt{x^2+y^2})}{\sqrt{x^2+y^2}} dx dy dz &= \iiint_{\Omega_c} z^2 \frac{\log r}{r} r dr d\theta dz \\ &= \int_6^7 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_{-15}^2 z^2 \log r dz d\theta dr + \int_6^7 \int_{\frac{3\pi}{2}}^{2\pi} \int_{-15}^2 z^2 \log r dz d\theta dr \\ &= \pi(2^3 + 15^3)[r \log r - r]_6^7 = 3383\pi(7 \log 7 - 7 - 6 \log 6 + 6) \\ &= 3383(7 \log 7 - 6 \log 6 - 1)\pi \end{aligned}$$

---

**Ejercicio 5 (0.75 puntos).** Pon un ejemplo de una aplicación que sea una norma (distinta de la euclídea).

**Solución.** Por ejemplo en  $\mathbb{R}^2$  la norma  $\|(x, y)\|_1 = |x| + |y|$ .

---

**Ejercicio 6 (0,75 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^k$  una aplicación para la que se puede calcular su hessiano (de orden  $n$ ,  $Hf(\mathbf{a})$ ) y  $\mathbf{a}$  un punto de  $\mathbb{R}^n$  ¿Cuál es el valor de  $k$ ? ¿Se puede calcular el cuadrado de  $Hf(\mathbf{a})$ ? ¿Qué tamaño tendría?

**Solución.** Definimos el hessiano cuando  $k = 1$ , además la matriz  $Hf(\mathbf{a})$  tiene tamaño  $n \times n$  así que se le puede calcular su cuadrado y dicho cuadrado también tiene tamaño  $n \times n$ .

---

**Ejercicio 7 (1.5 puntos).** Sean  $f(x, y) = (xe^y, x + y, \sin(xy))$  y  $g(x, y, z) = (ze^x, xyz)$ . Responde a las siguientes preguntas:

1. Calcula  $Jg \circ f(1, 0)$ ;
2. ¿Es  $g \circ f$  localmente invertible en  $(1, 0)$ ? Caso de ser invertible calcula  $\frac{\partial(g \circ f)^{-1}}{\partial x}(0, 0)$ .

**Solución.** Para responder a la primera pregunta calculamos

$$Jf(x, y) = \begin{pmatrix} e^y & xe^y \\ 1 & 1 \\ y \cos(xy) & x \cos(xy) \end{pmatrix}, \quad Jg(x, y, z) = \begin{pmatrix} ze^x & 0 & e^x \\ yz & xz & xy \end{pmatrix}$$

Particularizamos estos jacobianos en los puntos que nos interesan:

$$Jf(1, 0) = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad Jg(f(1, 0)) = Jg(1, 1, 0) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & e \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$Jg \circ f(1, 0) = Jg(f(1, 0))Jf(1, 0) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & e \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & e \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Puesto que la matriz anterior no es invertible la aplicación  $g \circ f$  no es localmente invertible en el punto  $(1, 0)$ .

---

**Ingeniería Técnica de Obras Públicas – Fundamentos Matemáticos**  
**Examen parcial del primer cuatrimestre**  
**19 de enero de 2008, 9h-12h**

**Nombre y apellidos:**

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial o final):

Preguntas seleccionadas tanto obligatorias como opcionales (no rellenes la puntuación):

<b>P. seleccionadas</b>											
<b>Puntuación</b>											

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir.
2. Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en una cara nueva.
3. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.
4. Rellena la tabla con la modalidad de examen que has elegido y las preguntas seleccionadas. Comprueba que suman 10 puntos. En caso contrario no se te corregirán las que hagan sobrepasar el valor de 10.

Tipo de examen	Preguntas que tienes que responder	
<b>Primer parcial</b>	OBLIGATORIAS	6,9,10,12
	OPCIONALES	elige preguntas entre la 1,2,3,4,5,7 y 8 de forma que sumen 2 puntos
<b>Final</b>	OBLIGATORIAS	9,11,13,14
	OPCIONALES	elige entre responder a la 12 o a la 1, la 6 y la 4

1. Considera el conjunto de vectores  $S = \{v_1 = (1, 2, 3), v_2 = (5, 3, 1)\} \subset \mathbb{Z}_7^3$ . Justifica si  $S$  es linealmente dependiente o independiente (0.5 punto).
2. Calcula  $(2 + 2i)^8$  (1 punto).
3. Demuestra, usando inducción, que  $f^{(n)}(x) = \frac{8^n (-1)^{n+1} (n-1)!}{(1+8x)^n}$  para alguna función  $f(x)$  que debes determinar. Para calcular la función candidata escribe quien es  $f'(x)$  de acuerdo a la fórmula anterior y calcula la primitiva (1.5 puntos).
4. Dada una matriz  $A \in M_{7 \times 7}(\mathbb{R})$  ¿Ocurre que  $|7A| = 7|A|$ ? (0.5 puntos)
5. Sea  $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  una función derivable y  $c \in \mathbb{R}$  tal que  $f'(c) = f''(c) = \dots = f^{(k)}(c) = 0$ . Entonces rellena correctamente los siguientes enunciados:
  - a) Si  $k = 16$  y  $f^{(16+1)}(c) = -7$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).
  - b) Si  $k = 15$  y  $f^{(15+1)}(c) = -16$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).
  - c) Si  $k = 15$  y  $f^{(15+1)}(c) = 15$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).
  - d) Si  $k = 16$  y  $f^{(16+1)}(c) = 8$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).
6. Calcula  $\int \frac{1}{1+81x^2} dx$  (1 punto).
7. Plantea la descomposición en fracciones simples (sin calcular las constantes) de la fracción racional  $F(x) = \frac{13x^3+81x+1}{(x^2+13)^3(x^2+81)^2(x+2)^3}$  (1 punto).

8. ¿Qué grado tiene el polinomio del denominador de la anterior fracción? (0,5 puntos).
9. En este ejercicio consideraremos las bases canónicas de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\beta_c^4$ , y de  $\mathbb{R}^2$ ,  $\beta_c^2$ . Se utilizarán las bases:

$$\beta_1 = \{(1, 4), (1, 0)\}, \quad \beta_2 = \{(1, 0, 0, 0), (1, 1, 0, 0), (2, 0, 1, 0), (3, 4, 0, 1)\}$$

y la aplicación lineal  $f: \mathbb{R}^{8l} \rightarrow \mathbb{R}^{5k}$  definida por:

$$M_{\beta_2 \beta_1}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Responde a los siguientes apartados:

- Dar los valores de  $l$  y de  $k$  (0.5 puntos).
- Estudia si el conjunto de vectores  $\{(1, 4)_{\beta_2}, (5, 4)\}$  es linealmente dependiente o independiente (0.5 puntos).
- Calcula la matriz  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f)$  (0.5 puntos).
- Calcula las ecuaciones y una base de  $\text{Ker } f$  respecto de la base  $\beta_2$  (0.5 puntos).
- Calcula las ecuaciones y una base de  $\text{Im } f$  respecto de la base  $\beta_c^2$  (0.5 puntos).

10. Estudia si es diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 5 & -2 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 1 & -1 & 3 \end{pmatrix}$ . En caso de que lo sea se pide calcular la matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (2.5 puntos).

11. Una matriz  $A \in M_{n \times n}(\mathbb{R})$  tiene como polinomio característico a  $p_A(x) = x^2 + x + 8$ . ¿Qué tamaño tiene la matriz  $A$ ? ¿Es diagonalizable? (0.5 puntos).

12. Calcula el límite

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\arctan^2(1x)^2 - 1x^4}{\log(1 + 2x^4) - 2x^4} \quad (2 \text{ puntos}).$$

13. Dadas las funciones  $f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y  $g: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$  definidas por  $f(x, y) = (xe^{x+y}, x + y, e^y)$  y  $g(x, y, z) = (x \cos(y + z), (x + y) \cos z)$ , se pide:

- Calcula  $J(g \circ f)(0, 0)$  si es posible. Si no lo fuera di por qué (0.75 puntos).
- Calcula  $J(f \circ f)(0, 0)$  si es posible. Si no lo fuera di por qué (0.75 puntos).
- ¿Es localmente invertible la función  $g \circ f$  localmente en torno al punto  $(0, 0)$ ? En caso de que lo sea calcula  $J(g \circ f)^{-1}(g \circ f(0, 0))$  (1 punto).

14. Calcula el volumen del sólido

$$\Omega = \{(x, y, z) : 25 < x^2 + y^2 + z^2 < 49, z < 0, x < 0\} \quad (2.5 \text{ puntos})$$



**Ingeniería Técnica de Minas – Fundamentos Matemáticos**  
**Examen parcial del primer cuatrimestre**  
**13 de febrero de 2008, 9.30h-12.30h**

**Nombre y apellidos:**

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial o final):

Preguntas seleccionadas tanto obligatorias como opcionales (no rellenes la puntuación):

<b>P. seleccionadas</b>											
<b>Puntuación</b>											

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir.
2. Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en una cara nueva.
3. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.
4. Rellena la tabla con la modalidad de examen que has elegido y las preguntas seleccionadas. Comprueba que suman 10 puntos. En caso contrario no se te corregirán las que hagan sobrepasar el valor de 10.

Tipo de examen	Preguntas que tienes que responder	
<b>Primer parcial</b>	OBLIGATORIAS	6,9,10,12
	OPCIONALES	elige preguntas entre la 1,2,3,4,5,7 y 8 de forma que sumen 2 puntos
<b>Final</b>	OBLIGATORIAS	9,11,13,14
	OPCIONALES	elige entre responder a la 12 o a la 1, la 6 y la 4

1. Considera el conjunto de vectores  $S = \{v_1 = (1, 2, 3), v_2 = (5, 3, 1)\} \subset \mathbb{Z}_7^3$ . Justifica si  $S$  es linealmente dependiente o independiente (0.5 punto).
2. Calcula  $(2 + 2i)^8$  (1 punto).
3. Demuestra, usando inducción, que  $f^{(n)}(x) = \frac{8^n (-1)^{n+1} (n-1)!}{(1+8x)^n}$  para alguna función  $f(x)$  que debes determinar. Para calcular la función candidata escribe quien es  $f'(x)$  de acuerdo a la fórmula anterior y calcula la primitiva (1.5 puntos).
4. Dada una matriz  $A \in M_{7 \times 7}(\mathbb{R})$  ¿Ocurre que  $|7A| = 7^h |A|$  para algún valor de  $h$ ? (0.5 puntos)
5. Sea  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  una función derivable y  $c \in \mathbb{R}$  tal que  $f'(c) = f''(c) = \dots = f^{(k)}(c) = 0$ . Entonces rellena correctamente los siguientes enunciados:
  - a) Si  $k = 16$  y  $f^{(16+1)}(c) = -7$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).
  - b) Si  $k = 15$  y  $f^{(15+1)}(c) = -16$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).
  - c) Si  $k = 15$  y  $f^{(15+1)}(c) = 15$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).
  - d) Si  $k = 16$  y  $f^{(16+1)}(c) = 8$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).
6. Calcula  $\int \frac{1}{1+81x^2} dx$  (1 punto).
7. Plantea la descomposición en fracciones simples (sin calcular las constantes) de la fracción racional  $F(x) = \frac{13x^3+81x+3}{(x^2+13)^3(x^2+81)^2(x+2)^3}$  (1 punto).

8. ¿Qué grado tiene el polinomio del denominador de la anterior fracción? (0,5 puntos).
9. En este ejercicio consideraremos las bases canónicas de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\beta_c^4$ , y de  $\mathbb{R}^2$ ,  $\beta_c^2$ . Se utilizarán las bases:

$$\beta_1 = \{(3, 4), (1, 0)\}, \quad \beta_2 = \{(1, 0, 0, 0), (3, 1, 0, 0), (2, 0, 1, 0), (3, 4, 0, 1)\}$$

y la aplicación lineal  $f: \mathbb{R}^{8l} \rightarrow \mathbb{R}^{5k}$  definida por:

$$M_{\beta_2 \beta_1}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Responde a los siguientes apartados:

- Dar los valores de  $l$  y de  $k$  (0.5 puntos).
- Estudia si el conjunto de vectores  $\{(3, 4)_{\beta_1}, (13, 12)\}$  es linealmente dependiente o independiente (0.5 puntos).
- Calcula la matriz  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f)$  (0.5 puntos).
- Calcula las ecuaciones y una base de  $\text{Ker } f$  respecto de la base  $\beta_2$  (0.5 puntos).
- Calcula las ecuaciones y una base de  $\text{Im } f$  respecto de la base  $\beta_c^2$  (0.5 puntos).

10. Estudia si es diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 5 & -2 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 1 & -1 & 3 \end{pmatrix}$ . En caso de que lo sea se pide calcular la matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (2.5 puntos).

11. Una matriz  $A \in M_{n \times n}(\mathbb{R})$  tiene como polinomio característico a  $p_A(x) = x^2 + x + 8$  ¿Qué tamaño tiene la matriz  $A$ ? ¿Es diagonalizable? (0.5 puntos).

12. Calcula, usando desarrollos de Taylor, el límite

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\arctan^2(3x)^2 - (3x)^4}{\log(1 + 2x^4) - 2x^4} \quad (2 \text{ puntos}).$$

13. Dadas las funciones  $f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$  y  $g: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$  definidas por  $f(x, y) = (xe^{x+y}, x + y, e^y)$  y  $g(x, y, z) = (x \cos(y + z), (x + y) \cos z)$ , se pide:

- Calcula  $J(g \circ f)(0, 0)$  si es posible. Si no lo fuera di por qué (0.75 puntos).
- Calcula  $J(f \circ f)(0, 0)$  si es posible. Si no lo fuera di por qué (0.75 puntos).
- ¿Es localmente invertible la función  $g \circ f$  localmente en torno al punto  $(0, 0)$ ? En caso de que lo sea calcula  $J(g \circ f)^{-1}(g \circ f(0, 0))$  (1 punto).

14. Calcula el volumen del sólido

$$\Omega = \{(x, y, z) : 25 < x^2 + y^2 + z^2 < 49, z < 0, x < 0\} \quad (2.5 \text{ puntos})$$

**Ingeniería Técnica Agrícola – Fundamentos Matemáticos**  
**Examen parcial del primer cuatrimestre**  
**15 de febrero de 2008, 9.30h-12.30h**

**Nombre y apellidos:**

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial o parcial del parcial):

Preguntas que te corresponden (no rellenes la puntuación):

<b>Preguntas</b>											
<b>Puntuación</b>											

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir.
2. Cada vez que empieces un ejercicio hazlo en una cara nueva.
3. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.
4. Rellena la tabla con la modalidad de examen que has elegido y las preguntas que te corresponden. Comprueba que suman 10 puntos. En caso contrario no se te corregirán las que hagan sobrepasar el valor de 10.

Tipo de examen	Preguntas que tienes que responder
<b>Primer parcial</b>	1,2,3,5,6,8,9
<b>Parcial del parcial</b>	4,5,7,8,9,10

1. Estudia si el conjunto de vectores  $\{(3,4)_{\beta_1}, (5,3)\}$  es linealmente dependiente o independiente siendo  $\beta_1$  la base  $\{(3,4), (1,0)\}$  (0.5 puntos).
2. Calcula  $(2 + 2i)^8$  (1 punto).
3. Dada una matriz  $A \in M_{7 \times 7}(\mathbb{R})$  ¿Ocurre que  $|7A| = 7^h |A|$  para algún valor de h? (0.5 puntos)
4. Sea  $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  una función derivable y  $c \in \mathbb{R}$  tal que  $f'(c) = f''(c) = \dots = f^{(k)}(c) = 0$ . Entonces rellena correctamente los siguientes enunciados:

a) Si  $k = 16$  y  $f^{(16+1)}(c) = -7$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).

b) Si  $k = 15$  y  $f^{(15+1)}(c) = -16$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).

c) Si  $k = 15$  y  $f^{(15+1)}(c) = 15$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).

d) Si  $k = 16$  y  $f^{(16+1)}(c) = 8$  entonces  $c$  es un  (0.25 puntos).

5. En este ejercicio consideraremos las bases canónicas de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\beta_c^4$ , y de  $\mathbb{R}^2$ ,  $\beta_c^2$ . Se utilizarán las bases:

$$\beta_1 = \{(3,4), (1,0)\}, \quad \beta_2 = \{(1,0,0,0), (3,1,0,0), (2,0,1,0), (3,4,0,1)\}$$

y la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^{8l} \rightarrow \mathbb{R}^{5k}$  definida por:

$$M_{\beta_2 \beta_1}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Responde a los siguientes apartados:

a) Dar los valores de  $l$  y de  $k$  (0.5 puntos).

b) Calcula la matriz  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f)$  (1 punto).

c) Calcula las ecuaciones y una base de  $\text{Ker } f$  respecto de la base  $\beta_2$  (0.5 puntos).

d) Calcula las ecuaciones y una base de  $\text{Im } f$  respecto de la base  $\beta_c^2$  (0.5 puntos).

6. Estudia si es diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 5 & -2 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 1 & -1 & 3 \end{pmatrix}$ . En caso de que lo sea se pide calcular la matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (2.5 puntos).

7. Una matriz  $A \in M_{n \times n}(\mathbb{R})$  tiene como polinomio característico a  $p_A(x) = x^2 + x + 8$  ¿Qué tamaño tiene la matriz  $A$ ? ¿Es diagonalizable? (1 punto).

8. Calcula, usando desarrollos de Taylor, el límite

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\arctan^2(3x)^2 - (3x)^4}{\log(1 + 2x^4) - 2x^4} \quad (2 \text{ puntos}).$$

9. Calcula el área de la figura plana limitada por las gráficas de  $f(x) = x^2 + 2x$  y de  $g(x) = -x^2 + x + 1$  (1 punto).

10. Calcula el volumen de un cono de altura  $h = 3$  y radio de la base  $r = 7$  (2.5 puntos).

## Parte del primer parcial

## Observaciones

1. El ejercicio 2 es obligatorio.
2. Tienes que optar por elegir entre el 1 y el 4 o el 3.

## Ejercicio 1 (Cuestiones, 1 punto).

- (1.1). Considera el conjunto de vectores  $S = \{(1, 2, 3), (3, 1, 4)\} \subset \mathbb{Z}_5^3$ . Justifica, usando la definición, si  $S$  es linealmente dependiente o independiente.
- (1.2). Sea  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  una aplicación lineal con  $n$  y  $m$  números naturales. Demuestra que si  $\mathbf{v} \in \text{Ker } f$  y  $\alpha \in \mathbb{R}$  entonces  $\alpha \mathbf{v} \in \text{Ker } f$ .
- (1.3). Pon la fórmula del binomio de Newton, es decir,  $(a + b)^n = \dots$ .
- (1.4). Sea  $g : \mathbb{R}^{1989} \rightarrow \mathbb{R}^{2007}$  una aplicación lineal y sean  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  bases de  $\mathbb{R}^{1989}$  y  $\beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$  bases de  $\mathbb{R}^{2007}$ . Se pide que completes los cuadrados vacíos de las siguientes fórmulas con matrices apropiadas:
- a)  $M_{\beta_1\beta_7}(g) = M_{\square\beta_6} M_{\square\square}(g) M_{\beta_3\square}$ ;
  - b)  $M_{\beta_2\beta_8}(g) = M_{\square\square} M_{\beta_1\beta_5}(g) M_{\square\square}$ .
- (1.5). De una matriz  $A$  sabemos que tiene como polinomio característico a  $p(x) = (x^2 + 16)(x - 5)^2(x + 5)$ . Calcula  $\sigma_A$  y justifica si la matriz  $A$  es diagonalizable o no lo es.

Ejercicio 2 (Aplicaciones lineales, 2 puntos). Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal de la que

sabemos que  $M_{\beta_3\beta_3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & a \\ 0 & 0 & b \end{pmatrix}$  y que  $(1, 1, 1) \in \text{Ker } f$ . Se pide:

- (2.1). Calcula la expresión analítica de  $f$ , es decir, calcular  $f(x, y, z)$ .
- (2.2). Encuentra los valores  $a$  y de  $b$ .
- (2.3). Encuentra la dimensión, una base y las ecuaciones respecto a la base canónica del subespacio  $\text{Ker } f$ .
- (2.4). Demuestra que  $\beta = \{v_1 = (1, 1, 1), v_2 = (0, 1, 1), v_3 = (0, 0, 1)\}$  es una base de  $\mathbb{R}^3$  y calcula  $M_{\beta\beta}(f)$ .
- (2.5). Encuentra la dimensión, una base y las ecuaciones respecto a la base  $\beta$  del subespacio  $\text{Ker } f$ .
- (2.6). Calcula  $f((x, y, z)_\beta)$ , expresando sus coordenadas en la base  $\beta$ .

## Ejercicio 3 (Cálculo de límites, 3 puntos). Calcula el límite siguiente utilizando desarrollos de Taylor

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{(e^{x^2} - 1)\text{sen}(2x^6)}{x^5 \log(1 + 3x^3)}$$

## Ejercicio 4 (Integración de una variable, 2 puntos). Calcula el área acotada por las curvas

**Parte del segundo parcial**

**Ejercicio 5.** Halla el punto de la curva intersección del plano  $x + 2y + z = 10$  con el paraboloides  $z = x^2 + y^2$  que está más próximo al origen.

**Ejercicio 6.** Demuestra que el valor de la integral de la función  $\sqrt{a^2 - x^2 - y^2}$  sobre el recinto plano  $D \subset \mathbb{R}^2$  dado en coordenadas polares como

$$D = \{(r, \theta) : -\pi/2 \leq \theta \leq \pi/2, 0 \leq r \leq a \operatorname{sen} \theta\},$$

es exactamente

$$a^3 \left( \frac{3\pi - 4}{9} \right).$$

**Ejercicio 7.** Supón que la temperatura en un punto  $(x, y, z) \in \mathbb{R}^3$  viene dada por  $T(x, y, z) = 80/(1 + x^2 + 2y^2 + 3z^2)$ , en donde  $T$  se mide en  $^{\circ}\text{C}$  y  $x, y, z$  en metros. ¿En qué dirección aumenta más rápidamente la temperatura en el punto  $(1, 1, -2)$ ? ¿Cuál es el valor de la máxima razón de aumento?

**Ejercicio 8.** Resuelve la ecuación diferencial

$$2xy + 2y^2 + (x^2 + 2 + 4xy)y' = 0.$$

---

**Ingeniería Técnica de Obras Públicas – Fundamentos Matemáticos**  
**Examen parcial del primer cuatrimestre**  
**8 de julio de 2008, 9.30h-12.30h**

---

**Nombre y apellidos:**

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial o final):

---

<b>Preguntas</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
<b>Puntuación</b>									

---

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir.
  2. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.
  3. Los que se presenten sólo al primer parcial tienen que responder todas las preguntas.
  4. Los que se presenten al final sólo tienen que responder a las preguntas 2,4a,4b,5,8.
- 

1. Sea  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  una función derivable y  $c \in \mathbb{R}$  tal que  $f'(c) = f''(c) = \dots = f^{(k)}(c) = 0$ . Si  $k = 3$  y  $f^{(3+1)}(c) = -5$  entonces  $c$  es un  (1 punto).

**Solución:**

$c$  es un máximo relativo.

2. Calcula una base del subespacio vectorial  $H = \{(x, y, z, t) : x + y + z + t = 0, x - y = 0\}$  (1 punto).

**Solución:**

Las ecuaciones asociadas al subespacio vectorial son:

$$\begin{cases} x + y + z + t = 0 \\ x - y = 0 \end{cases}$$

Es rutinario comprobar que este sistema tiene rango 2. Así que  $\dim \text{Im } f = 4 - 2 = 2$  y bastará con dar dos vectores de  $\mathbb{R}^4$  linealmente independientes, que satisfagan las ecuaciones para que constituyan una base:

$$\beta_{\text{Im } f} = \{(1, -1, 0, 0), (0, 0, -1, 1)\}.$$

3. Una matriz  $A \in M_{n \times n}(\mathbb{R})$  tiene como polinomio característico a  $p_A(x) = x^2 + x + 8$  ¿Qué tamaño tiene la matriz A? ¿Es diagonalizable? ¿Por qué? (1 punto).

**Solución:**

La matriz tiene tamaño  $2 \times 2$  y no puede ser diagonalizable porque el polinomio característico tiene raíces complejas, en concreto  $\frac{-1 \pm \sqrt{-31}}{2}$ .

4. En este ejercicio consideraremos las bases canónicas de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\beta_c^4$ , y de  $\mathbb{R}^2$ ,  $\beta_c^2$ . Se utilizarán las bases:

$$\beta_1 = \{(1, 4), (1, 0)\}, \quad \beta_2 = \{(1, 0, 0, 0), (1, 1, 0, 0), (2, 0, 1, 0), (3, 4, 0, 1)\}$$

y la aplicación lineal  $f: \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^2$  definida por:

$$M_{\beta_2 \beta_1}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Responde a las siguientes cuestiones:

a) Calcula  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f)$ . (1 punto).

**Solución:**

Usando la relación  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f) = M_{\beta_c^2 \beta_1} M_{\beta_2 \beta_1}(f) M_{\beta_2 \beta_c^4}$  se obtiene:

$$M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & -4 & -4 & 8 \end{pmatrix}$$

b) Escribe un vector,  $v$ , que esté en  $\text{Ker } f$  expresando sus coordenadas en  $\beta_2$  (1 punto).

**Solución:**

Un vector  $(x, y, z, t)_{\beta_2}$  pertenece  $\text{Ker } f$  si  $M_{\beta_2 \beta_1}(f)(x, y, z, t)^t = \mathbf{0}$ , es decir:

$$\begin{cases} x + z + t = 0 \\ y + z + 2t = 0. \end{cases}$$

Así que por ejemplo  $v = (0, 1, 1, -1)_{\beta_2}$  está en  $\text{Ker } f$ .

c) Escribe un vector,  $w$ , que esté en  $\text{Im } f$  expresando sus coordenadas en  $\beta_c^2$  (1 punto).

**Solución:**

Sabemos que  $\dim \text{Im } f = 4 - \dim \text{Ker } f = 4 - 2 = 2$  (fíjate por las ecuaciones del apartado anterior que  $\dim \text{Ker } f = 2$ ), así que  $\text{Im } f = \mathbb{R}^2$  y por lo tanto cualquier vector de  $\mathbb{R}^2$  está en  $\text{Im } f$ . Como respuesta damos  $w = (0, 1)$ .

5. Una matriz  $A \in M_{n \times n}(\mathbb{R})$  tiene como polinomio característico a  $p_A(x) = (x-1)(x-8)^1$ , además  $\dim V_8 = 1$  ¿Qué tamaño tiene la matriz  $A$ ? ¿Es diagonalizable? ¿Por qué? (1 punto).

**Solución:**

El tamaño de la matriz es  $2 \times 2$ .

La matriz es diagonalizable porque en su espectro sólo están los números reales 1 y 8 (con multiplicidades respectivas 1 y 1) y además:

- $\dim V_1 = m(1) = 1$  (la dimensión y la multiplicidad siempre coinciden cuando la última es 1).
- $\dim V_8 = m(8) = 1$ .

6. Considera el conjunto de vectores  $S = \{v_1 = (1, 2, 3), v_2 = (5, 3, 1)\} \subset \mathbb{Z}_7^3$ . Justifica si  $S$  es linealmente dependiente o independiente (1 punto).

**Solución:**

Son linealmente dependientes porque  $5v_1 + 6v_2 = (0, 0, 0)$ .

7. Calcula  $(2 + 2i)^8$  (1 punto).

**Solución:**

El número complejo tiene módulo al cuadrado  $r = \sqrt{8}$  y argumento  $\theta = \frac{\pi}{4}$ . Así que  $(2 + 2i)^8 = r^8(\cos 8\theta + i \sen 8\theta) = 4096(\cos(2\pi) + i \sen(2\pi)) = 4096$ .

8. Calcula, usando la definición, el desarrollo de Taylor de orden 2, centrado en  $a = 0$  de la función  $f(x) = \cos(x^2)$  (1 punto).

**Solución:**

Como nos dicen que usemos la definición aplicaremos la igualdad:

$$P_2(x) = f(a) + f'(a)(x - a) + \frac{f''(a)}{2!}(x - a)^2$$

para la función  $f(x) = \cos(x^2)$  y  $a = 0$ .

Calculamos las derivadas (hay que hacerlo explícitamente) y obtenemos  $f'(0) = f''(0) = 0$ . Como además  $f(0) = 1$  se tiene finalmente:

$$P_2(x) = 1.$$



**Ingeniería Técnica de Obras Públicas – Fundamentos Matemáticos**  
**Examen parcial del primer cuatrimestre**  
**8 de julio de 2008, 9.30h-12.30h**

Nombre y apellidos:

Modalidad de examen elegido (primer parcial o final):

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Puntuación									

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir.
2. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.
3. Los que se presenten sólo al primer parcial tienen que responder todas las preguntas.
4. Los que se presenten al final sólo tienen que responder a las preguntas 2,4a,4b,5,8.

1. Sea  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  una función derivable y  $c \in \mathbb{R}$  tal que  $f'(c) = f''(c) = \dots = f^{(k)}(c) = 0$ . Si  $k = 7$  y  $f^{(7+1)}(c) = -9$  entonces  $c$  es un  (1 punto).

**Solución:**

$c$  es un máximo relativo.

2. Calcula una base del subespacio vectorial  $H = \{(x, y, z, t) : x + y + z + t = 0, x - y = 0\}$  (1 punto).

**Solución:**

Las ecuaciones asociadas al subespacio vectorial son:

$$\begin{cases} x + y + z + t = 0 \\ x - y = 0 \end{cases}$$

Es rutinario comprobar que este sistema tiene rango 2. Así que  $\dim \text{Im } f = 4 - 2 = 2$  y bastará con dar dos vectores de  $\mathbb{R}^4$  linealmente independientes, que satisfagan las ecuaciones para que constituyan una base:

$$\beta_{\text{Im } f} = \{(1, -1, 0, 0), (0, 0, -1, 1)\}.$$

3. Una matriz  $A \in M_{n \times n}(\mathbb{R})$  tiene como polinomio característico a  $p_A(x) = x^2 + x + 7$ . ¿Qué tamaño tiene la matriz  $A$ ? ¿Es diagonalizable? ¿Por qué? (1 punto).

**Solución:**

La matriz tiene tamaño  $2 \times 2$  y no puede ser diagonalizable porque el polinomio característico tiene raíces complejas, en concreto  $\frac{-1 \pm \sqrt{-27}}{2}$ .

4. En este ejercicio consideraremos las bases canónicas de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\beta_c^4$ , y de  $\mathbb{R}^2$ ,  $\beta_c^2$ . Se utilizarán las bases:

$$\beta_1 = \{(2, 5), (1, 0)\}, \quad \beta_2 = \{(1, 0, 0, 0), (2, 1, 0, 0), (3, 0, 1, 0), (4, 5, 0, 1)\}$$

y la aplicación lineal  $f: \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^2$  definida por:

$$M_{\beta_2 \beta_1}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Responde a las siguientes cuestiones:

a) Calcula  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f)$ . (1 punto).

**Solución:**

Usando la relación  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f) = M_{\beta_c^2 \beta_1} M_{\beta_2 \beta_1}(f) M_{\beta_2 \beta_c^4}$  se obtiene:

$$M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f) = \begin{pmatrix} 2 & -3 & -3 & 11 \\ 5 & -10 & -10 & 35 \end{pmatrix}$$

b) Escribe un vector,  $v$ , que esté en  $\text{Ker } f$  expresando sus coordenadas en  $\beta_2$  (1 punto).

**Solución:**

Un vector  $(x, y, z, t)_{\beta_2}$  pertenece  $\text{Ker } f$  si  $M_{\beta_2 \beta_1}(f)(x, y, z, t)^t = \mathbf{0}$ , es decir:

$$\begin{cases} x + z + t = 0 \\ y + z + 2t = 0. \end{cases}$$

Así que por ejemplo  $v = (0, 1, 1, -1)_{\beta_2}$  está en  $\text{Ker } f$ .

c) Escribe un vector,  $w$ , que esté en  $\text{Im } f$  expresando sus coordenadas en  $\beta_c^2$  (1 punto).

**Solución:**

Sabemos que  $\dim \text{Im } f = 4 - \dim \text{Ker } f = 4 - 2 = 2$  (fíjate por las ecuaciones del apartado anterior que  $\dim \text{Ker } f = 2$ ), así que  $\text{Im } f = \mathbb{R}^2$  y por lo tanto cualquier vector de  $\mathbb{R}^2$  está en  $\text{Im } f$ . Como respuesta damos  $w = (0, 1)$ .

5. Una matriz  $A \in M_{n \times n}(\mathbb{R})$  tiene como polinomio característico a  $p_A(x) = (x-2)(x-9)^2$ , además  $\dim V_9 = 2$  ¿Qué tamaño tiene la matriz  $A$ ? ¿Es diagonalizable? ¿Por qué? (1 punto).

**Solución:**

El tamaño de la matriz es  $3 \times 3$ .

La matriz es diagonalizable porque en su espectro sólo están los números reales 2 y 9 (con multiplicidades respectivas 1 y 2) y además:

- $\dim V_2 = m(2) = 1$  (la dimensión y la multiplicidad siempre coinciden cuando la última es 1).
- $\dim V_9 = m(9) = 2$ .

6. Considera el conjunto de vectores  $S = \{v_1 = (1, 2, 3), v_2 = (9, 7, 5)\} \subset \mathbb{Z}_{11}^3$ . Justifica si  $S$  es linealmente dependiente o independiente (1 punto).

**Solución:**

Son linealmente dependientes porque  $9v_1 + 10v_2 = (0, 0, 0)$ .

7. Calcula  $(3 + 3i)^8$  (1 punto).

**Solución:**

El número complejo tiene módulo al cuadrado  $r = \sqrt{18}$  y argumento  $\theta = \frac{\pi}{4}$ . Así que  $(3 + 3i)^8 = r^8(\cos 8\theta + i \sen 8\theta) = 104976(\cos(2\pi) + i \sen(2\pi)) = 104976$ .

8. Calcula, usando la definición, el desarrollo de Taylor de orden 2, centrado en  $a = 0$  de la función  $f(x) = \cos(x^2)$  (1 punto).

**Solución:**

Como nos dicen que usemos la definición aplicaremos la igualdad:

$$P_2(x) = f(a) + f'(a)(x - a) + \frac{f''(a)}{2!}(x - a)^2$$

para la función  $f(x) = \cos(x^2)$  y  $a = 0$ .

Calculamos las derivadas (hay que hacerlo explícitamente) y obtenemos  $f'(0) = f''(0) = 0$ . Como además  $f(0) = 1$  se tiene finalmente:

$$P_2(x) = 1.$$

EXAMEN PARCIAL  
FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS  
PRIMER CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS

**Apellidos y Nombre:**

1. Calcula el área del sólido de revolución que resulta de girar la gráfica de  $f(x) = x^{1/5}$  con  $0 < x < 2$  alrededor del eje  $x$ .
2. Dada la función  $f(x, y, z) = x^2y^2 + e^{ax^2z} + ay^3z$  siendo  $a$  un número real arbitrario, ¿para qué valores de  $a$  el gradiente de  $f$  en  $(1, -2, 0)$  es perpendicular a  $(1, -1, 1)$ ? ¿Para qué valores de  $a$   $\frac{\partial^3 f}{\partial z^2 \partial y}(0, 1, 1)$  es cero?
3. Halla  $\int \int_A \frac{e^{-\sqrt{x^2+y^2}}}{\sqrt{x^2+y^2}} dx dy$  donde  $A = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : x^2 + y^2 \leq 3, x > 0, y < 0\}$ .
4. Calcula los extremos absolutos de la función  $f(x, y) = x^2 + y^2 + x$  en el conjunto  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x^2 + y^2 \leq 4, x \geq 0\}$ .

---

**Ingeniería Técnica de Minas – Fundamentos Matemáticos**  
**Examen parcial del primer cuatrimestre**  
**9 de julio de 2008, 9.30h-12.30h**

---

Nombre y apellidos:

Modalidad de examen elegido (primer parcial o final):

---

<b>Preguntas</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
<b>Puntuación</b>									

---

**Instrucciones importantes**

1. Tienes que devolver la hoja del examen, en caso contrario no se te podrá corregir.
  2. Pon tu nombre en todos los folios y también en éste.
  3. Los que se presenten sólo al primer parcial tienen que responder todas las preguntas.
  4. Los que se presenten al final sólo tienen que responder a las preguntas 2,4a,4b,5,8.
- 

1. Sea  $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  una función derivable y  $c \in \mathbb{R}$  tal que  $f'(c) = f''(c) = \dots = f^{(k)}(c) = 0$ . Si  $k = 3$  y  $f^{(3+1)}(c) = -5$  entonces  $c$  es un  (1 punto).

**Solución:**

$c$  es un máximo relativo.

2. Calcula una base del subespacio vectorial  $H = \{(x, y, z, t) : x + y + z + t = 0, x - y = 0\}$  (1 punto).

**Solución:**

Las ecuaciones asociadas al subespacio vectorial son:

$$\begin{cases} x + y + z + t = 0 \\ x - y = 0 \end{cases}$$

Es rutinario comprobar que este sistema tiene rango 2. Así que  $\dim \text{Im } f = 4 - 2 = 2$  y bastará con dar dos vectores de  $\mathbb{R}^4$  linealmente independientes, que satisfagan las ecuaciones para que constituyan una base:

$$\beta_{\text{Im } f} = \{(1, -1, 0, 0), (0, 0, -1, 1)\}.$$

3. Una matriz  $A \in M_{n \times n}(\mathbb{R})$  tiene como polinomio característico a  $p_A(x) = x^2 + x + 8$  ¿Qué tamaño tiene la matriz  $A$ ? ¿Es diagonalizable? ¿Por qué? (1 punto).

**Solución:**

La matriz tiene tamaño  $2 \times 2$  y no puede ser diagonalizable porque el polinomio característico tiene raíces complejas, en concreto  $\frac{-1 \pm \sqrt{-31}}{2}$ .

4. En este ejercicio consideraremos las bases canónicas de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\beta_c^4$ , y de  $\mathbb{R}^2$ ,  $\beta_c^2$ . Se utilizarán las bases:

$$\beta_1 = \{(3, 4), (1, 0)\}, \quad \beta_2 = \{(1, 0, 0, 0), (3, 1, 0, 0), (2, 0, 1, 0), (3, 4, 0, 1)\}$$

y la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^2$  definida por:

$$M_{\beta_2 \beta_1}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Responde a las siguientes cuestiones:

a) Calcula  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f)$ . (1 punto).

**Solución:**

Usando la relación  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f) = M_{\beta_c^2 \beta_1} M_{\beta_2 \beta_1}(f) M_{\beta_2 \beta_c^4}$  se obtiene:

$$M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f) = \begin{pmatrix} 3 & -8 & -2 & 28 \\ 4 & -12 & -4 & 40 \end{pmatrix}$$

b) Escribe un vector,  $v$ , que esté en  $\text{Ker } f$  expresando sus coordenadas en  $\beta_2$  (1 punto).

**Solución:**

Un vector  $(x, y, z, t)_{\beta_2}$  pertenece  $\text{Ker } f$  si  $M_{\beta_2 \beta_1}(f)(x, y, z, t)^t = \mathbf{0}$ , es decir:

$$\begin{cases} x + z + t = 0 \\ y + z + 2t = 0. \end{cases}$$

Así que por ejemplo  $v = (0, 1, 1, -1)_{\beta_2}$  está en  $\text{Ker } f$ .

c) Escribe un vector,  $w$ , que esté en  $\text{Im } f$  expresando sus coordenadas en  $\beta_c^2$  (1 punto).

**Solución:**

Sabemos que  $\dim \text{Im } f = 4 - \dim \text{Ker } f = 4 - 2 = 2$  (fíjate por las ecuaciones del apartado anterior que  $\dim \text{Ker } f = 2$ ), así que  $\text{Im } f = \mathbb{R}^2$  y por lo tanto cualquier vector de  $\mathbb{R}^2$  está en  $\text{Im } f$ . Como respuesta damos  $w = (0, 1)$ .

5. Una matriz  $A \in M_{n \times n}(\mathbb{R})$  tiene como polinomio característico a  $p_A(x) = (x - 3)(x - 10)^3$ , además  $\dim V_{10} = 3$  ¿Qué tamaño tiene la matriz  $A$ ? ¿Es diagonalizable? ¿Por qué? (1 punto).

**Solución:**

El tamaño de la matriz es  $4 \times 4$ .

La matriz es diagonalizable porque en su espectro sólo están los números reales 3 y 10 (con multiplicidades respectivas 1 y 3) y además:

- $\dim V_3 = m(3) = 1$  (la dimensión y la multiplicidad siempre coinciden cuando la última es 1).
- $\dim V_{10} = m(10) = 3$ .

6. Considera el conjunto de vectores  $S = \{v_1 = (1, 2, 3), v_2 = (5, 3, 1)\} \subset \mathbb{Z}_7^3$ . Justifica si  $S$  es linealmente dependiente o independiente (1 punto).

**Solución:**

Son linealmente dependientes porque  $5v_1 + 6v_2 = (0, 0, 0)$ .

7. Calcula  $(2 + 2i)^8$  (1 punto).

**Solución:**

El número complejo tiene módulo al cuadrado  $r = \sqrt{8}$  y argumento  $\theta = \frac{\pi}{4}$ . Así que  $(2 + 2i)^8 = r^8(\cos 8\theta + i \sen 8\theta) = 4096(\cos(2\pi) + i \sen(2\pi)) = 4096$ .

8. Calcula, usando la definición, el desarrollo de Taylor de orden 2, centrado en  $a = 0$  de la función  $f(x) = \cos(x^2)$  (1 punto).

**Solución:**

Como nos dicen que usemos la definición aplicaremos la igualdad:

$$P_2(x) = f(a) + f'(a)(x - a) + \frac{f''(a)}{2!}(x - a)^2$$

para la función  $f(x) = \cos(x^2)$  y  $a = 0$ .

Calculamos las derivadas (hay que hacerlo explícitamente) y obtenemos  $f'(0) = f''(0) = 0$ . Como además  $f(0) = 1$  se tiene finalmente:

$$P_2(x) = 1.$$

EXAMEN FINAL (Segundo cuatrimestre)  
FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS  
PRIMER CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA DE MINAS

**Apellidos y Nombre:**

1. Halla la integral

$$\int_0^{\pi/6} \operatorname{sen}^3(x) dx$$

2. Considera la función  $f(x, y) = e^{x^2 - y^2}$ . Calcula el plano tangente a la gráfica de  $f$  en el punto  $(1, -1)$ . Calcula también  $\frac{\partial^3 f}{\partial x \partial y^2}(1, 0)$ .
3. Halla  $\int \int_A e^{-(x^2 + y^2)} dx dy$  donde  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x^2 + y^2 \leq 4, x < 0\}$ .
4. Calcula los extremos absolutos de la función  $f(x, y) = x^2 - y^2 + x$  en el conjunto  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x^2 + y^2 \leq 4, y \geq 0\}$ .



Parte del primer parcial

Ejercicio 1 (Cuestiones, 1 punto).

- (1.1). Considera el conjunto de vectores  $S = \{(1, 2, 3), (3, 1, 4)\} \subset \mathbb{Z}_5^3$ . Justifica, usando la definición, si  $S$  es linealmente dependiente o independiente.
- (1.2). Sea  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  una aplicación lineal con  $n$  y  $m$  números naturales. Demuestra que si  $\mathbf{v} \in \text{Ker } f$  y  $\alpha \in \mathbb{R}$  entonces  $\alpha \mathbf{v} \in \text{Ker } f$ .
- (1.3). Pon la fórmula del binomio de Newton, es decir,  $(a + b)^n = \dots\dots\dots$
- (1.4). Sea  $g : \mathbb{R}^{1989} \rightarrow \mathbb{R}^{2007}$  una aplicación lineal y sean  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  bases de  $\mathbb{R}^{1989}$  y  $\beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$  bases de  $\mathbb{R}^{2007}$ . Se pide que completes los cuadrados vacíos de las siguientes fórmulas con matrices apropiadas:
- a)  $M_{\beta_1\beta_7}(g) = M_{\square\beta_6} M_{\square\square}(g) M_{\beta_3\square}$ ;
- b)  $M_{\beta_2\beta_8}(g) = M_{\square\square} M_{\beta_1\beta_5}(g) M_{\square\square}$ .
- (1.5). De una matriz  $A$  sabemos que tiene como polinomio característico a  $p(x) = (x^2 + 16)(x - 5)^2(x + 5)$ . Calcula  $\sigma_A$  y justifica si la matriz  $A$  es diagonalizable o no lo es.

Ejercicio 2 (Aplicaciones lineales, 2 puntos). Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal de la que sabemos que  $M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & a \\ 0 & 0 & b \end{pmatrix}$  y que  $(1, 1, 1) \in \text{Ker } f$ . Se pide:

- (2.1). Calcula la expresión analítica de  $f$ , es decir, calcular  $f(x, y, z)$ .
- (2.2). Encuentra los valores  $a$  y de  $b$ .
- (2.3). Encuentra la dimensión, una base y las ecuaciones respecto a la base canónica del subespacio  $\text{Ker } f$ .
- (2.4). Demuestra que  $\beta = \{v_1 = (1, 1, 1), v_2 = (0, 1, 1), v_3 = (0, 0, 1)\}$  es una base de  $\mathbb{R}^3$  y calcula  $M_{\beta\beta}(f)$ .
- (2.5). Encuentra la dimensión, una base y las ecuaciones respecto a la base  $\beta$  del subespacio  $\text{Ker } f$ .
- (2.6). Calcula  $f((x, y, z)_\beta)$ , expresando sus coordenadas en la base  $\beta$ .

Ejercicio 3 (Integración de una variable, 2 puntos). Calcula el área acotada por las curvas  $y = \text{sen}^2 x$ ,  $y = 0$ ,  $x = 0$  y  $x = \pi$ .

**Parte del segundo parcial**

1. [1.25P] Calcula el valor de la integral

$$\int_D (x \operatorname{sen} y) dx dy$$

donde  $D$  es el cuadrante de corona circular limitado por los semiejes  $OX^+$  y  $OY^+$  y las circunferencias de centro el origen y radios  $R$  y  $r$ .

2. [0.5P] Plantea el calculo de la siguiente integral:

$$\int_D (x + 2y) dA$$

donde  $D$  es la región limitada por las parábolas  $y = 2x^2$  y  $y = 1 + x^2$ .

3. [1P] Supón que la temperatura en un punto  $(x, y, z) \in \mathbb{R}^3$  viene dada por  $T(x, y, z) = 80z^2/(1 + x^2 + 2y^2 + 3z^2)$ , en donde  $T$  se mide en  $^{\circ}C$  y  $x, y, z$  en metros. ¿En qué dirección aumenta más rápidamente la temperatura en el punto  $(1, 1, -2)$  ¿Cuál es el valor de la máxima razón de aumento?
4. [1.25P] De entre todos los puntos pertenecientes a la intersección del paraboloides  $z = x^2 + y^2$  y del plano  $x + 2y + z = 10$ , se pide determinar cuáles se encuentran a menor o mayor distancia del origen, así como dichas distancias.
5. [1P] Resuelve la ecuación diferencial

$$2xy + 2y^2 + (x^2 + 2 + 4xy)y' = 0.$$



Parte del primer parcial

**Ejercicio 1 (Cuestiones, 2 puntos).**

- (1.1). Considera el conjunto de vectores  $S = \{(1, 2, 3), (3, 1, 4)\} \subset \mathbb{Z}_5^3$ . Justifica, usando la definición, si  $S$  es linealmente dependiente o independiente.
- (1.2). Sea  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  una aplicación lineal con  $n$  y  $m$  números naturales. Demuestra que si  $\mathbf{v} \in \text{Ker } f$  y  $\alpha \in \mathbb{R}$  entonces  $\alpha \mathbf{v} \in \text{Ker } f$ .
- 

**Ejercicio 2 (Aplicaciones lineales, 2 puntos).** Sea  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  una aplicación lineal de la que

sabemos que  $M_{\beta_3 \beta_3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ . Se pide:

- (2.1). Encuentra la dimensión, una base y las ecuaciones respecto a la base canónica del subespacio  $\text{Ker } f$ .
- (2.2). Demuestra que  $\beta = \{v_1 = (1, 1, 1), v_2 = (0, 1, 1), v_3 = (0, 0, 1)\}$  es una base de  $\mathbb{R}^3$  y calcula  $M_{\beta \beta}(f)$ .
- (2.3). Encuentra la dimensión, una base y las ecuaciones respecto a la base  $\beta$  del subespacio  $\text{Ker } f$ .
- (2.4). Calcula  $f((x, y, z)_\beta)$ , expresando sus coordenadas en la base  $\beta$ .
- 

**Ejercicio 3 (Espacios vectoriales, 1 punto).** Calcula una base del espacio vectorial  $H = \{(x, y, z, t, u) \in \mathbb{R}^5 : x - y = 0\}$

---

**Ingeniería Técnica de Minas – Fundamentos Matemáticos**  
**Examen final**  
**10 de septiembre de 2008, 9.30h-12.30h**

---

**Nombre y apellidos:**

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial o final):

---

<b>Preguntas</b>	1	2	3	4	5	6	7	Total
<b>Puntuación</b>								

---

1. En este ejercicio consideraremos las bases canónicas de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\beta_c^4$ , y de  $\mathbb{R}^2$ ,  $\beta_c^2$ . Se utilizarán las bases:

$$\beta_1 = \{(3, 4), (1, 0)\}, \quad \beta_2 = \{(1, 0, 0, 0), (3, 1, 0, 0), (2, 0, 1, 0), (3, 4, 0, 1)\}$$

y la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^2$  definida por:

$$M_{\beta_2 \beta_1}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Responde a las siguientes cuestiones:

- a) Calcula  $M_{\beta_c^4 \beta_c^2}(f)$ . (1 punto).
  - b) Escribe un vector,  $v$ , que esté en  $\text{Ker } f$  expresando sus coordenadas en  $\beta_2$  (1 punto).
2. Una matriz  $A \in M_{n \times n}(\mathbb{R})$  tiene como polinomio característico a  $p_A(x) = (x - 3)(x - 10)^3$ , además  $\dim V_{10} = 3$  ¿Qué tamaño tiene la matriz  $A$ ? ¿Es diagonalizable? ¿Por qué? (1 punto).
3. Calcula una base del subespacio vectorial  $H = \{(x, y, z, t) : x - y + z - t = 0, x - z = 0\}$  (1 punto).
4. Calcula, usando la definición, el desarrollo de Taylor de orden 2, centrado en  $a = 0$  de la función  $f(x) = e^{x^2}$  (1 punto).

**ITM– Fundamentos Matemáticos**  
**17 de enero de 2009, 9.30h-12.30h**

---

**Modalidades de examen**

1. Preguntas que responden los que realizan el **primer parcial** entero: todas.
  2. Preguntas que responden los que realizan **una parte del primer parcial**: de la 6 a la 10, ambas inclusive. En este caso la puntuación de las preguntas es doble.
  3. Preguntas que responden los que realizan el **examen final**: 4, 5, 7, 8 y 10.
- 

**Nombre y apellidos del alumno:**

**Fila y columna en la que se encuentra sentado:** F \_\_\_\_\_, C \_\_\_\_\_.

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial entero, parte del primer parcial o final):

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación											

---

En esta tanda de ejercicios consideramos los vectores de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\mathbb{R}^3$  y  $\mathbb{R}^2$  que siguen:

$$\begin{aligned}u_1 &= (1, 1, 1, 1), \quad u_2 = (1, 1, 1, 0), \quad u_3 = (1, 1, 0, 0), \quad u_4 = (1, 0, 0, 0), \\v_1 &= (1, 0, 0), \quad v_2 = (1, 1, 0), \quad v_3 = (0, 0, 1), \quad v_4 = (1, 1, 1), \quad v_5 = (1, 2, 1), \\w_1 &= (1, 1), \quad w_2 = (1, 0), \quad w_3 = (0, 1).\end{aligned}$$

Y definiremos los conjuntos

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \{v_1, v_2, v_3\}, \quad \beta_2 = \{v_3, v_4, v_5\}, \quad \beta_3 = \{w_1, w_2\}, \\ \beta_4 &= \{w_1, w_3\}, \quad \beta_5 = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}, \quad \beta_6 = \{u_3, u_4, u_1, u_2 + 2u_3\}.\end{aligned}$$

1. Calcula  $\int \frac{1}{x^2+2x+3} dx$  (1 punto).

**Solución:**

$$\begin{aligned}\int \frac{1}{x^2+2x+3} dx &= \int \frac{1}{(x+1)^2+3-1} dx = \frac{1}{2} \int \frac{1}{\left(\frac{x+1}{\sqrt{2}}\right)^2+1} dx \\ &= \frac{\sqrt{2}}{2} \arctan\left(\frac{x+1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \arctan\left(\frac{x+1}{\sqrt{2}}\right).\end{aligned}$$

2. Calcula las matrices de cambio de base  $M_{\beta_6, \beta_5}$  y  $M_{\beta_5, \beta_6}$  (1 punto).

**Solución:**

- Como

$$\begin{aligned}u_3 &= (0, 0, 1, 0)_{\beta_5} \\ u_4 &= (0, 0, 0, 1)_{\beta_5} \\ u_1 &= (1, 0, 0, 0)_{\beta_5} \\ u_2 + 2u_3 &= (0, 1, 2, 0)_{\beta_5}\end{aligned}$$

tenemos que:

$$M_{\beta_5, \beta_6} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

- Como

$$\begin{aligned}u_1 &= (0, 0, 1, 0)_{\beta_6} \\u_2 &= (-2, 0, 0, 1)_{\beta_6} \\u_3 &= (1, 0, 0, 0)_{\beta_6} \\u_4 &= (0, 1, 0, 0)_{\beta_6}\end{aligned}$$

tenemos que:

$$M_{\beta_6\beta_5} = \begin{pmatrix} 0 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

3. Considera el conjunto de vectores  $S = \{(2, 1, 2), (5, 6, 5)\} \subset \mathbb{Z}_7^3$ . Justifica si  $S$  es linealmente dependiente o independiente (1 punto).

**Solución:**

Son linealmente dependientes porque  $(2, 1, 2) + (5, 6, 5) = (0, 0, 0)$ .

4. Calcula las ecuaciones del subespacio  $W = \{(x, y, z, t)_{\beta_6} : 2x + y + z = 0, z + 2y = 0\}$  respecto de la base  $\beta_5$  (1 punto).

**Solución:**

Sea  $(x, y, z, t)_{\beta_5} \in W$ , primero pasamos las coordenadas de este vector a la base  $\beta_6$ . De los siguientes cálculos resultan el cálculo de las citadas coordenadas

$$(x, y, z, t)_{\beta_5} = [M_{\beta_6\beta_5}(x, y, z, t)_{\beta_5}]^t = (-2y + z, t, x, y)_{\beta_6} \in W.$$

Así que las ecuaciones de  $W$  solicitadas son:

$$W = \{(x, y, z, t)_{\beta_5} : -4y + x + 2z + t = 0, x + 2t = 0\}.$$

5. Sea  $T = \{(x, y, z, t) : y + z = 0, 2z = 0\}$ , calcula una base y la dimensión de  $T$  (1 punto).

**Solución:**

Calculamos primero la dimensión de  $T$ :  $\dim T = \dim \mathbb{R}^4 - \text{rg} A_T = 4 - 2 = 2$ . Ahora una base de  $T$  es  $\beta_T = \{(1, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 1)\}$ .

6. Una aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^5$  ¿puede ser un epimorfismo? ¿Por qué? En caso afirmativo pon un ejemplo (1 punto).

**Solución:**

Usamos la relación  $2 = \dim \mathbb{R}^2 = \dim \text{Ker } f + \dim \text{Im } f$ . Si  $f$  fuera un epimorfismo entonces  $\dim \text{Im } f = 5$  y entonces  $2 = \dim \text{Ker } f + 5$ , pero esto no es cierto porque  $\dim \text{Ker } f$  no puede ser negativa. Así que  $f$  no puede ser un epimorfismo.

7. ¿Para qué valores de la constante  $h$  la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  definida por  $M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ h & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$  es inyectiva? (0.5 puntos).

**Solución:**

Para que la aplicación sea inyectiva se tiene que verificar que  $0 = \dim \text{Ker } f = 3 - \dim \text{Im } f = 3 - \text{rg} M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f)$ , es decir  $\text{rg} M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) = 3$ .

El determinante de la matriz  $A = M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f)$  es  $-1 + h$ , así que  $\text{rg} A = 3$ , y por lo tanto  $f$  es inyectiva, si y sólo si  $h \neq 1$ .

8. Toma  $h = 2$  en el ejercicio anterior y calcula una base de  $\text{Ker } f$  y otra de  $\text{Im } f$  (1 punto).

**Solución:**

Usando la resolución del apartado anterior tenemos que  $\text{rg} M_{\beta_c^3\beta_c^3}(f) = 3$  con lo cual  $\dim \text{Im } f = 3$  y  $\dim \text{Ker } f = 0$ . Por lo tanto la base de  $\text{Ker } f$  es  $\beta_{\text{Ker } f} = \emptyset$ . Como base de  $\text{Im } f$  damos la base canónica de  $\mathbb{R}^3$ .

9. Calcula una aproximación de  $\log(1,001)$  usando un desarrollo de orden 3. Estima el error cometido (1 punto).

**Solución:**

Usamos la función  $f(x) = \log x$  y hacemos un desarrollo de orden 3 centrado en el punto  $a = 1$  usando que  $f(1) = 0$ ,  $f'(1) = 1$ ,  $f''(1) = -1$ ,  $f'''(1) = 2$ :

$$p_3(x) = (x - 1) - \frac{(x - 1)^2}{2} + \frac{(x - 1)^3}{3}.$$

Así que la aproximación solicitada es

$$\log(1,0001) = f(1 + 10^{-3}) = 10^{-3} + \frac{10^{-6}}{2} + \frac{10^{-9}}{3} = 0,001000500333.$$

Estimamos ahora el error cometido, como siempre  $\xi \in (1, 1 + 10^{-3})$  y

$$E = |R_4(1 + 10^{-3})| = \left| \frac{f^{(4)}(\xi)}{4!} (10^{-3})^4 \right| = \left| \frac{-6}{\xi^4} \frac{10^{-12}}{4!} \right| = \frac{6}{\xi^4} \frac{10^{-12}}{4!} \leq \frac{6}{1} \frac{10^{-12}}{4!} = \frac{10^{-12}}{4}$$

10. Justifica si es o no diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ . En caso afirmativo encuentra una matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (1.5 puntos).

**Solución:**

El polinomio característico de la matriz  $A$  es  $p_A(x) = (x - 2)^2(x - 1)$ . Como  $m(1) = 1 = \dim V_1$  y se puede comprobar fácilmente que  $m(2) = 2 = \dim V_2$  tenemos que la matriz  $A$  es diagonalizable.

Se puede calcular con facilidad las bases  $\beta_{V_2} = \{(1, 1, 0), (0, 1, 1)\}$  y  $\beta_{V_1} = \{(0, 0, 1)\}$ , así que  $D =$

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ y } P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

**ITA– Fundamentos Matemáticos**  
**21 de enero de 2009, 9.30h-12.30h**

---

**Modalidades de examen**

1. Preguntas que responden los que realizan el **primer parcial** entero: todas.
  2. Preguntas que responden los que realizan **una parte del primer parcial**: de la 6 a la 10, ambas inclusive. En este caso la puntuación de las preguntas es doble.
  3. Preguntas que responden los que realizan el **examen final**: 4, 5, 7, 8 y 10.
- 

**Nombre y apellidos del alumno:**

**Fila y columna en la que se encuentra sentado:** F \_\_\_\_\_, C \_\_\_\_\_.

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial entero, parte del primer parcial o final):

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Puntuación											

---

En esta tanda de ejercicios consideramos los vectores de  $\mathbb{R}^4$  que siguen:

$$u_1 = (1, 1, 1, 1), u_2 = (1, 1, 1, 0), u_3 = (1, 1, 0, 0), u_4 = (1, 0, 0, 0),$$

y definiremos los conjuntos

$$\beta_5 = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}, \beta_6 = \{u_3, u_4, u_1, u_2 + 2u_3\}, \beta_7 = \{u_3 + 7u_2, u_4, u_2, u_1\}.$$

1. Demuestra, usando inducción, que  $1 + 7 + 7^2 + 7^3 + \dots + 7^n = \frac{1-7^{n+1}}{1-7}$  para cualquier número natural  $n$  (3 puntos).

**Solución:**

Para  $n = 1$  la fórmula nos dice que  $1 + 7 = \frac{(1+7)(1-7)}{1-7} = \frac{1-7^2}{1-7}$ , luego es cierta.

Ahora suponemos que la fórmula es cierta para un número natural  $n$  (hipótesis de inducción) y la probamos para el número  $n + 1$ .

$$\begin{aligned} 1 + 7 + 7^2 + 7^3 + \dots + 7^n + 7^{n+1} &= \frac{1 - 7^{n+1}}{1 - 7} + 7^{n+1} \\ &= \frac{1 - 7^{n+1}}{1 - 7} + \frac{7^{n+1} - 7^{n+2}}{1 - 7} = \frac{1 - 7^{n+2}}{1 - 7} \end{aligned}$$

Así que la fórmula se satisface para el número  $n + 1$  y por lo tanto por el principio de inducción para cualquier número natural.

2. Calcula  $\int \frac{\log^4 x}{x} dx$  (1 punto).

**Solución:**

Haciendo el cambio de variable  $t = \log x$  tenemos que  $dt = \frac{dx}{x}$  y

$$\int \frac{\log^4 x}{x} dx = \int t^4 dt = \frac{t^5}{5} + K = \frac{\log^5 x}{5} + K$$

3. Calcula las matrices de cambio de base  $M_{\beta_6\beta_5}$  y  $M_{\beta_5\beta_6}$  (1 punto).

**Solución:**

- Como

$$\begin{aligned}u_3 &= (0, 0, 1, 0)_{\beta_5} \\u_4 &= (0, 0, 0, 1)_{\beta_5} \\u_1 &= (1, 0, 0, 0)_{\beta_5} \\u_2 + 2u_3 &= (0, 1, 2, 0)_{\beta_5}\end{aligned}$$

tenemos que:

$$M_{\beta_5, \beta_6} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

- Como

$$\begin{aligned}u_1 &= (0, 0, 1, 0)_{\beta_6} \\u_2 &= (-2, 0, 0, 1)_{\beta_6} \\u_3 &= (1, 0, 0, 0)_{\beta_6} \\u_4 &= (0, 1, 0, 0)_{\beta_6}\end{aligned}$$

tenemos que:

$$M_{\beta_6, \beta_5} = \begin{pmatrix} 0 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

4. Calcula las ecuaciones del subespacio  $W = \{(x, y, z, t)_{\beta_6} : 2x + y + z = 0, z + 2y = 0\}$  respecto de la base  $\beta_5$  (1 punto).

**Solución:**

Sea  $(x, y, z, t)_{\beta_5} \in W$ , primero pasamos las coordenadas de este vector a la base  $\beta_6$ . De los siguientes cálculos resultan el cálculo de las citadas coordenadas

$$(x, y, z, t)_{\beta_5} = [M_{\beta_6, \beta_5}(x, y, z, t)_{\beta_5}]_{\beta_6}^t = (-2y + z, t, x, y)_{\beta_6} \in W.$$

Así que las ecuaciones de  $W$  solicitadas son:

$$W = \{(x, y, z, t)_{\beta_5} : -4y + x + t + 2z = 0, x + 2t = 0\}.$$

5. Calcula las ecuaciones respecto de la base canónica de  $\mathbb{R}^4$  del subespacio  $S = \langle u_1, 2u_1 + 3u_2 \rangle$ . Da una base de  $S$  expresando sus vectores en coordenadas respecto a la base  $\beta_7$ . (1 punto).

**Solución:**

Sea  $(x, y, z, t) \in S$ , entonces

$$\begin{aligned}(x, y, z, t) &= \alpha u_1 + \beta(2u_1 + 3u_2) = (\alpha + 2\beta)u_1 + 3\beta u_2 = (\alpha + 5\beta, \alpha + 5\beta, \alpha + 5\beta, \alpha + 3\beta) \\ &\Rightarrow x = y = z = \alpha + 3\beta; t = \alpha + 3\beta\end{aligned}$$

Como sólo necesitamos  $\dim \mathbb{R}^4 - \dim S = 2$  ecuaciones, basta con eliminar los parámetros y obtener:

$$S = \{(x, y, z, t) : x - y = 0, x - z = 0\}.$$

Ahora damos la base de  $S$ :

$$\beta_S = \{u_1, 2u_1 + 3u_2\} = \{(0, 0, 0, 1)_{\beta_7}, (0, 0, 3, 2)_{\beta_7}\}.$$

6. Una aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  es monomorfismo ¿Puede ocurrir que no sea un isomorfismo? ¿Por qué? En caso afirmativo pon un ejemplo (1 punto).

**Solución:**

Usamos la relación  $2 = \dim \mathbb{R}^2 = \dim \text{Ker } f + \dim \text{Im } f$ . Como  $f$  es un monomorfismo entonces  $\dim \text{Ker } f = 0$  y entonces  $2 = 0 + \dim \text{Im } f$ , por lo tanto  $\dim \text{Im } f = 2$  y  $f$  es suprayectiva. Así que  $f$  es biyectiva y por lo tanto un isomorfismo.

7. ¿Para qué valores de la constante  $h$  la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  definida por  $M_{\beta_2^3 \beta_2^3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ h & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$  es suprayectiva? (0.5 puntos).

**Solución:**

Para que la aplicación sea suprayectiva se tiene que verificar que  $3 = \dim \text{Im} f = \text{rg} M_{\beta_2^3 \beta_2^3}(f)$ .

El determinante de la matriz  $A = M_{\beta_2^3 \beta_2^3}(f)$  es  $-1+h$ , así que  $\text{rg} A = 3$ , y por lo tanto  $f$  es suprayectiva, si y sólo si  $h \neq 1$ .

8. Calcula el área de la superficie de una esfera de radio  $R = 2$ .

**Solución:**

Usaremos la fórmula  $A = 2\pi \int_{-R}^R f(x) \sqrt{1 + f'(x)^2} dx$ , donde  $f(x)$  es función cuya gráfica es una semicircunferencia de radio  $R$ , es decir  $f(x) = \sqrt{R^2 - x^2}$ ,  $f'(x) = \frac{-x}{\sqrt{R^2 - x^2}}$ . Así que:

$$\begin{aligned} A &= 2\pi \int_{-R}^R f(x) \sqrt{1 + f'(x)^2} dx = 2\pi \int_{-R}^R \sqrt{R^2 - x^2} \sqrt{1 + \frac{x^2}{R^2 - x^2}} dx \\ &= 2\pi \int_{-R}^R \sqrt{R^2 - x^2 + x^2} dx = 2\pi \int_{-R}^R R dx = \int_{-R}^R R dx = 4\pi R^2 = 16\pi \end{aligned}$$

9. Calcula una aproximación de  $\log(1,001)$  usando un desarrollo de orden 3. Estima el error cometido (1 punto).

**Solución:**

Usamos la función  $f(x) = \log x$  y hacemos un desarrollo de orden 3 centrado en el punto  $a = 1$  usando que  $f(1) = 0$ ,  $f'(1) = 1$ ,  $f''(1) = -1$ ,  $f'''(1) = 2$ :

$$p_3(x) = (x - 1) - \frac{(x - 1)^2}{2} + \frac{(x - 1)^3}{3}.$$

Así que la aproximación solicitada es

$$\log(1,0001) = f(1 + 10^{-3}) = 10^{-3} + \frac{10^{-6}}{2} + \frac{10^{-9}}{3} = 0,001000500333.$$

Estimamos ahora el error cometido, como siempre  $\xi \in (1, 1 + 10^{-3})$  y

$$E = |R_4(1 + 10^{-3})| = \left| \frac{f^{(4)}(\xi)}{4!} (10^{-3})^4 \right| = \left| \frac{-6}{\xi^4} \frac{10^{-12}}{4!} \right| = \frac{6}{\xi^4} \frac{10^{-12}}{4!} \leq \frac{6}{1} \frac{10^{-12}}{4!} = \frac{10^{-12}}{4}$$

10. Justifica si es o no diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ . En caso afirmativo encuentra una matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (1.5 puntos).

**Solución:**

El polinomio característico de la matriz  $A$  es  $p_A(x) = (x - 2)^2(x - 1)$ . Como  $m(1) = 1 = \dim V_1$  y se puede comprobar fácilmente que  $m(2) = 2 = \dim V_2$  tenemos que la matriz  $A$  es diagonalizable.

Se puede calcular con facilidad las bases  $\beta_{V_2} = \{(1, 1, 0), (0, 1, 1)\}$  y  $\beta_{V_1} = \{(0, 0, 1)\}$ , así que  $D =$

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ y } P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$



**ITOP– Fundamentos Matemáticos**  
**23 de enero de 2009, 10h-13h**

Modalidades de examen

1. Preguntas que responden los que realizan el **primer parcial** entero: todas.
2. Preguntas que responden los que realizan el **examen final**: 2, 4, 6 y 8.

**Nombre y apellidos del alumno:**

**Fila y columna en la que se encuentra sentado:** F \_\_\_\_\_, C \_\_\_\_\_.

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial o final):

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Puntuación										

En esta tanda de ejercicios consideramos los vectores de  $\mathbb{R}^4$  que siguen:

$$u_1 = (1, 1, 1, 1), u_2 = (1, 1, 1, 0), u_3 = (1, 1, 0, 0), u_4 = (1, 0, 0, 0),$$

y definiremos los conjuntos

$$\beta = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}, \beta' = \{u_3, u_4, u_1, u_2 + 2u_3\}, \beta^* = \{u_3 + 7u_2, u_4, u_2, u_1\}.$$

1. Calcula  $\int \frac{\log^4 x}{x} dx$  (1 puntos).

**Solución:**

Haciendo el cambio de variable  $t = \log x$  tenemos que  $dt = \frac{dx}{x}$  y

$$\int \frac{\log^4 x}{x} dx = \int t^4 dt = \frac{t^5}{5} + K = \frac{\log^5 x}{5} + K$$

2. De una base de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\beta_1 = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ , conocemos que  $M_{\beta' \beta_1} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ . Da las coordenadas

de los vectores de  $\beta_1$  respecto de la base canónica  $\beta_c^4$ .

**Solución:**

Usando la información que nos da la matriz asociada tenemos:

$$v_1 = (1 + 2)u_3 + u_4 + u_1 + u_2 = (6, 5, 2, 1)$$

$$v_2 = u_3 + u_4 + u_1 = (3, 2, 1, 1)$$

$$v_3 = u_3 + u_4 = (2, 1, 0, 0)$$

$$v_4 = u_3 = (1, 1, 0, 0)$$

3. Calcula las ecuaciones del subespacio  $W = \{(x, y, z, t)_{\beta'} : 2x + y + z = 0, z + 2y = 0\}$  respecto de la base  $\beta$  (1 punto).

**Solución:**

Tedremos que utilizar la matriz  $M_{\beta' \beta} = \begin{pmatrix} 0 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ .

Sea  $(x, y, z, t)_\beta \in W$ , primero pasamos las coordenadas de este vector a la base  $\beta'$ . De los siguientes cálculos resultan el cálculo de las citadas coordenadas

$$(x, y, z, t)_\beta = [M_{\beta'\beta}(x, y, z, t)_\beta]^t = (-2y + z, t, x, y)_{\beta'} \in W.$$

Así que las ecuaciones de  $W$  solicitadas son:

$$W = \{(x, y, z, t)_\beta : -4y + x + 2z + t = 0, x + 2t = 0\}.$$

4. Calcula las ecuaciones respecto de la base canónica de  $\mathbb{R}^4$  del subespacio  $S = \langle u_1, 2u_1 + 3u_2 \rangle$ . Da una base de  $S$  expresando sus vectores en coordenadas respecto a la base  $\beta^*$ . (1 punto).

**Solución:**

Sea  $(x, y, z, t) \in S$ , entonces tenemos en cuenta que  $u_1 = (1, 1, 1, 1)$  y  $2u_1 + 3u_2 = (5, 5, 5, 2)$  y:

$$\begin{aligned} (x, y, z, t) &= \alpha u_1 + \beta(2u_1 + 3u_2) = (\alpha + 2\beta)u_1 + 3\beta u_2 = (\alpha + 5\beta, \alpha + 5\beta, \alpha + 5\beta, 1\alpha + 2\beta) \\ &\Rightarrow x = y = z = \alpha + 5\beta; t = 1\alpha + 2\beta \end{aligned}$$

Como sólo necesitamos  $\dim \mathbb{R}^4 - \dim S = 2$  ecuaciones, basta con eliminar los parámetros y obtener:

$$S = \{(x, y, z, t) : 1y - 1z + 0t = 0, 1x - 1y + 0t = 0\}.$$

Ahora damos la base de  $S$ :

$$\beta_S = \{u_1, 2u_1 + 3u_2\} = \{(0, 0, 0, 1)_{\beta^*}, (0, 0, 3, 2)_{\beta^*}\}.$$

5. Una aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  es monomorfismo ¿Puede ocurrir que no sea un isomorfismo? ¿Por qué? En caso afirmativo pon un ejemplo (1 punto).

**Solución:**

Usamos la relación  $2 = \dim \mathbb{R}^2 = \dim \text{Ker } f + \dim \text{Im } f$ . Como  $f$  es un monomorfismo entonces  $\dim \text{Ker } f = 0$  y entonces  $2 = 0 + \dim \text{Im } f$ , por lo tanto  $\dim \text{Im } f = 2$  y  $f$  es suprayectiva. Así que  $f$  es biyectiva y por lo tanto un isomorfismo.

6. ¿Para qué valores de la constante  $h$  la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  definida por  $M_{\beta_c^3 \beta_c^3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ h & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$  es suprayectiva? (1 punto).

**Solución:**

Para que la aplicación sea suprayectiva se tiene que verificar que  $3 = \dim \text{Im } f = \text{rg } M_{\beta_c^3 \beta_c^3}(f)$ .

El determinante de la matriz  $A = M_{\beta_c^3 \beta_c^3}(f)$  es  $-1+h$ , así que  $\text{rg } A = 3$ , y por lo tanto  $f$  es suprayectiva, si y sólo si  $h \neq 1$ .

7. Calcula una aproximación de  $\text{sen}(0,0001) + \cos 0,0001$  usando un desarrollo de orden 3. Estima el error cometido (1 punto).

**Solución:**

Usamos la función  $f(x) = \text{sen } x + \cos x$  y hacemos un desarrollo de orden 3 centrado en el punto  $a = 1$  sabiendo que el desarrollo de  $g(x) = \text{sen } x$  es  $x - x^3/6$  y el de  $h(x) = \cos x$  es  $1 - x^2/2$ . Así que el polinomio de Taylor de  $f(x)$  centrado en  $a = 0$  es:

$$p_3(x) = 1 + x - \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6}.$$

La aproximación solicitada es

$$\begin{aligned} \text{sen}(0,0001) + \cos(0,0001) &= f(10^{-4}) = 1 + 10^{-4} - \frac{10^{-8}}{2} - \frac{10^{-12}}{6} + \\ &= 1,0000999949998333 \end{aligned}$$

Estimamos ahora el error cometido, como siempre  $\xi \in (0, 10^{-4})$  y

$$\begin{aligned} E &= |R_4(10^{-4})| = \left| \frac{f^{(4)}(\xi)}{4!} (10^{-4})^4 \right| = |f^{(4)}(\xi)| \frac{10^{-16}}{4!} = |g^4(\xi) + h^4(\xi)| \frac{10^{-16}}{4!} \leq (|g^4(\xi)| + |h^4(\xi)|) \frac{10^{-16}}{4!} \leq \\ &(1 + 1) \frac{10^{-16}}{4!} = \frac{10^{-16}}{12} \end{aligned}$$

8. Justifica si es o no diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$ . En caso afirmativo encuentra una matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (2 puntos).

**Solución:**

El polinomio característico de la matriz  $A$  es  $p_A(x) = (x-2)^2(x-1)$ . Como  $m(1) = 1 = \dim V_1$  y se puede comprobar fácilmente que  $m(2) = 2 = \dim V_2$  tenemos que la matriz  $A$  es diagonalizable.

Se puede calcular con facilidad las bases  $\beta_{V_2} = \{(1, 1, 0), (1, 0, 1)\}$  y  $\beta_{V_1} = \{(1, 1, 1)\}$ , así que  $D = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  y  $P = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ .

9. Plantea la descomposición en fracciones simples (sin calcular las constantes) de la fracción racional  $F(x) = \frac{3x^7+6x^5+2x}{(x^2+x+3)^3(x^2+x+1)^1(x-2)^2}$  (1 punto).

**Solución:**

$$F(x) = \frac{3x^7 + 6x^5 + 2x}{(x^2 + x + 3)^3(x^2 + x + 1)^1(x - 2)^2}$$
$$= \sum_{j=1}^3 \frac{A_j + B_j x}{(x^2 + x + 3)^j} + \sum_{j=1}^1 \frac{C_j + D_j x}{(x^2 + x + 1)^j} + \sum_{j=1}^2 \frac{E_j}{(x - 2)^j}$$

**ITOP– Fundamentos Matemáticos**  
**23 de enero de 2009, 10h-13h**

---

**Modalidades de examen**

1. Preguntas que responden los que realizan el **primer parcial** entero: todas.
  2. Preguntas que responden los que realizan el **examen final**: 3, 6, 7 y 8.
- 

**Nombre y apellidos del alumno:**

**Fila y columna en la que se encuentra sentado:** F \_\_\_\_\_, C \_\_\_\_\_.

**Modalidad de examen elegido** (primer parcial o final):

Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Puntuación										

---

1. Calcula  $\int \frac{\arctan^3(x)}{1+x^2} dx$  (1 punto).

**Solución:**

Haciendo el cambio de variable  $t = \arctan x$  tenemos que  $dt = \frac{dx}{1+x^2}$  y

$$\int \frac{\arctan^3 x}{1+x^2} dx = \int t^3 dt = \frac{t^4}{4} + K = \frac{\arctan^4(x)}{4} + K$$

2. Una aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^5$  ¿puede ser un isomorfismo? ¿Por qué? En caso afirmativo pon un ejemplo (1 punto).

**Solución:**

Usamos la relación  $2 = \dim \mathbb{R}^2 = \dim \text{Ker } f + \dim \text{Im } f$ . Si  $f$  fuera un epimorfismo entonces  $\dim \text{Im } f = 5$  y entonces  $2 = \dim \text{Ker } f + 5$ , pero esto no es cierto porque  $\dim \text{Ker } f$  no puede ser negativa. Así que  $f$  no puede ser un epimorfismo.

3. ¿Para qué valores de la constante  $h$  la aplicación lineal  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  definida por  $M_{\beta_2^3 \beta_2^3}(f) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ h & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$  es inyectiva? (1 punto).

**Solución:**

Para que la aplicación sea inyectiva se tiene que verificar que  $0 = \dim \text{Ker } f = 3 - \dim \text{Im } f = 3 - \text{rg } M_{\beta_2^3 \beta_2^3}(f)$ , es decir  $\text{rg } M_{\beta_2^3 \beta_2^3}(f) = 3$ .

El determinante de la matriz  $A = M_{\beta_2^3 \beta_2^3}(f)$  es  $-1 + h$ , así que  $\text{rg } A = 3$ , y por lo tanto  $f$  es inyectiva, si y sólo si  $h \neq 1$ .

4. Plantea la descomposición en fracciones simples (sin calcular las constantes) de la fracción racional  $F(x) = \frac{2x^7+6x^5+2x}{(x^2+x+2)^3(x^2+x+1)^1(x-2)^5}$  (1 punto).

**Solución:**

$$F(x) = \frac{2x^7 + 6x^5 + 2x}{(x^2 + x + 2)^3(x^2 + x + 1)^1(x - 2)^5} \\ = \sum_{j=1}^3 \frac{A_j + B_j x}{(x^2 + x + 2)^j} + \sum_{j=1}^1 \frac{C_j + D_j x}{(x^2 + x + 1)^j} + \sum_{j=1}^5 \frac{E_j}{(x - 2)^j}$$

5. Calcula una aproximación de  $\sin(0,0001) + e^{0,0001}$  usando un desarrollo de orden 3. Estima el error cometido (1 punto).

**Solución:**

Usamos la función  $f(x) = \sin x + e^x$  y hacemos un desarrollo de orden 3 centrado en el punto  $a = 1$  sabiendo que el desarrollo de  $g(x) = \sin x$  es  $x - x^3/6$  y el de  $h(x) = e^x$  es  $1 + x + x^2/2 + x^3/6$ . Así que el polinomio de Taylor de  $f(x)$  centrado en  $a = 0$  es:

$$p_3(x) = 1 + 2x + \frac{x^2}{2}.$$

La aproximación solicitada es

$$\begin{aligned} \sin(0,0001) + e^{0,0001} &= f(10^{-4}) = 1 + 2 \cdot 10^{-4} + \frac{10^{-8}}{2} \\ &= 1,0002000050000000 \end{aligned}$$

Estimamos ahora el error cometido, como siempre  $\xi \in (0, 10^{-4})$  y

$$\begin{aligned} E &= |R_4(10^{-4})| = \left| \frac{f^{(4)}(\xi)}{4!} (10^{-4})^4 \right| = |f^{(4)}(\xi)| \frac{10^{-16}}{4!} = |g^{(4)}(\xi) + h^{(4)}(\xi)| \frac{10^{-16}}{4!} \leq (|g^{(4)}(\xi)| + |h^{(4)}(\xi)|) \frac{10^{-16}}{4!} \leq \\ &(1 + 3) \frac{10^{-16}}{4!} = \frac{10^{-16}}{6} \end{aligned}$$

6. Justifica si es o no diagonalizable la matriz  $A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$ . En caso afirmativo encuentra una matriz diagonal y la matriz de paso  $P$  (2 puntos).

**Solución:**

El polinomio característico de la matriz  $A$  es  $p_A(x) = (x - 2)^2(x - 1)$ . Como  $m(1) = 1 = \dim V_1$  y se puede comprobar fácilmente que  $m(2) = 2 = \dim V_2$  tenemos que la matriz  $A$  es diagonalizable.

Se puede calcular con facilidad las bases  $\beta_{V_2} = \{(1, 1, 0), (1, 0, 1)\}$  y  $\beta_{V_1} = \{(1, 1, 1)\}$ , así que  $D = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  y  $P = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ .

Ahora consideramos los vectores de  $\mathbb{R}^4$  que siguen:

$$u_1 = (1, 1, 1, 1), u_2 = (1, 1, 1, 0), u_3 = (1, 1, 0, 0), u_4 = (2, 0, 0, 0),$$

y definiremos los conjuntos

$$\beta = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}, \beta' = \{u_3, u_4, u_1, u_2 + 2u_3\}, \beta^* = \{u_3 + 7u_2, u_4, u_2, u_1\}.$$

7. De una base de  $\mathbb{R}^4$ ,  $\beta_1 = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ , conocemos que  $M_{\beta' \beta_1} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ . Da las coordenadas

de los vectores de  $\beta_1$  respecto de la base canónica  $\beta_c^4$ .

**Solución:**

Usando la información que nos da la matriz asociada tenemos:

$$\begin{aligned} v_1 &= (1 + 2)u_3 + u_4 + u_1 + u_2 = (7, 5, 2, 1) \\ v_2 &= u_3 + u_4 + u_1 = (4, 2, 1, 1) \\ v_3 &= u_3 + u_4 = (3, 1, 0, 0) \\ v_4 &= u_3 = (1, 1, 0, 0) \end{aligned}$$

8. Calcula las ecuaciones del subespacio  $W = \{(x, y, z, t)_{\beta'} : 2x + y + z = 0, z + 2y = 0\}$  respecto de la base  $\beta$  (1 punto).

**Solución:**

Tedremos que utilizar la matriz  $M_{\beta'\beta} = \begin{pmatrix} 0 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ .

Sea  $(x, y, z, t)_{\beta} \in W$ , primero pasamos las coordenadas de este vector a la base  $\beta'$ . De los siguientes cálculos resultan el cálculo de las citadas coordenadas

$$(x, y, z, t)_{\beta} = [M_{\beta'\beta}(x, y, z, t)_{\beta}]^t = (-2y + z, t, x, y)_{\beta'} \in W.$$

Así que las ecuaciones de  $W$  solicitadas son:

$$W = \{(x, y, z, t)_{\beta} : -4y + x + 2z + t = 0, x + 2t = 0\}.$$

9. Sea  $T = \{(x, y, z, t) : 3y + z = 0, 2z = 0\}$ , calcula una base y la dimensión de  $T$  (1 punto).

**Solución:**

Calculamos primero la dimensión de  $T$ :  $\dim T = \dim \mathbb{R}^4 - \text{rg}A_T = 4 - 2 = 2$ . Ahora una base de  $T$  es  $\beta_T = \{(1, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 1)\}$ .