Unidad 2: Eliminación Gaussiana

Profesor: Dr. Juan Ignacio Manassaldi

JTP: Ing. Amalia Rueda

Eliminación Gaussiana

A =

16	12	19	19
18	1	19	9
2	5	3	16
18	10	19	2

b =

4
9
7
9

C =

16	12	19	19	4
18	1	19	9	9
2	5	3	16	7
18	10	19	2	9

Debemos trabajar la matriz para que estos elementos tomen el valor cero

Eliminación Gaussiana

$$\cancel{\left[\begin{array}{cccc|c} 16 & 12 & 19 & 19 & 4 \\ 18 & 1 & 19 & 9 & 9 \\ 2 & 5 & 3 & 16 & 7 \\ 18 & 10 & 19 & 2 & 9 \end{array}\right]}$$

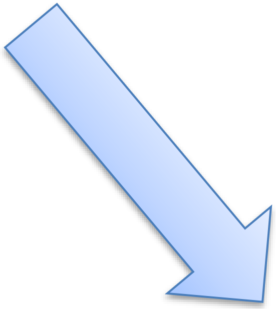
$$\begin{array}{rccccc} & 18 & 1 & 19 & 9 & 9 \\ -\dfrac{18}{16} & \boxed{16} & \boxed{12} & \boxed{19} & \boxed{19} & \boxed{4} \\ \hline & 0 & -12.5000 & -2.3750 & -12.3750 & 4.5000 \end{array}$$

Coeficiente o pivote

Ecuación (o fila) pivote

```
C =

    16    12    19    19     4
    18     1    19     9     9
     2     5     3    16     7
    18    10    19     2     9
```



```
C =

   16.0000   12.0000   19.0000   19.0000    4.0000
         0  -12.5000   -2.3750  -12.3750    4.5000
         0    3.5000    0.6250   13.6250    6.5000
         0   -3.5000   -2.3750  -19.3750    4.5000
```

Eliminación Gaussiana

$$C(1,:) = C(1,:)$$ Fila 1

$$C(2,:) = C(2,:) - \frac{C(2,1)}{C(1,1)} C(1,:)$$ Fila 2

$$C(3,:) = C(3,:) - \frac{C(3,1)}{C(1,1)} C(1,:)$$ Fila 3

$$C(4,:) = C(4,:) - \frac{C(4,1)}{C(1,1)} C(1,:)$$ Fila 4

Eliminación Gaussiana

16.0000	12.0000	19.0000	19.0000	4.0000
0	-12.5000	-2.3750	-12.3750	4.5000
0	3.5000	0.6250	13.6250	6.5000
0	-3.5000	-2.3750	-19.3750	4.5000

$$
\begin{array}{rrrrrr}
 & 0 & 3.5000 & 0.6250 & 13.6250 & 6.5000 \\
- \dfrac{3.5000}{-12.5000} & 0 & -12.5000 & -2.3750 & -12.3750 & 4.5000 \\
\hline
 & 0 & -0.0000 & -0.0400 & 10.1600 & 7.7600
\end{array}
$$

Eliminación Gaussiana

C =

16.0000	12.0000	19.0000	19.0000	4.0000
0	-12.5000	-2.3750	-12.3750	4.5000
0	3.5000	0.6250	13.6250	6.5000
0	-3.5000	-2.3750	-19.3750	4.5000

C =

16.0000	12.0000	19.0000	19.0000	4.0000
0	-12.5000	-2.3750	-12.3750	4.5000
0	-0.0000	-0.0400	10.1600	7.7600
0	0.0000	-1.7100	-15.9100	3.2400

$$C(1,:) = C(1,:)$$ Fila 1

$$C(2,:) = C(2,:)$$ Fila 2

$$C(3,:) = C(3,:) - \frac{C(3,2)}{C(2,2)} C(2,:)$$ Fila 3

$$C(4,:) = C(4,:) - \frac{C(4,2)}{C(2,2)} C(2,:)$$ Fila 4

Eliminación Gaussiana

16.0000	12.0000	19.0000	19.0000	4.0000
0	-12.5000	-2.3750	-12.3750	4.5000
0	-0.0000	-0.0400	10.1600	7.7600
0	0.0000	-1.7100	-15.9100	3.2400

$$
\begin{array}{lrrrrr}
 & 0 & 0.0000 & -1.7100 & -15.9100 & 3.2400 \\
- \dfrac{-1.7100}{-0.0400} & 0 & -0.0000 & -0.0400 & 10.1600 & 7.7600 \\
\hline
 & 0 & 0.0000 & 0.0000 & -450.2500 & -328.5000
\end{array}
$$

Eliminación Gaussiana

```
C =

   16.0000   12.0000   19.0000   19.0000    4.0000
         0  -12.5000   -2.3750  -12.3750    4.5000
         0   -0.0000   -0.0400   10.1600    7.7600
         0    0.0000   -1.7100  -15.9100    3.2400
```

```
C =

   16.0000   12.0000   19.0000   19.0000    4.0000
         0  -12.5000   -2.3750  -12.3750    4.5000
         0   -0.0000   -0.0400   10.1600    7.7600
         0    0.0000    0.0000 -450.2500 -328.5000
```

Eliminación Gaussiana

$$C(1,:) = C(1,:)$$ Fila 1

$$C(2,:) = C(2,:)$$ Fila 2

$$C(3,:) = C(3,:)$$ Fila 3

$$C(4,:) = C(4,:) - \frac{C(4,3)}{C(3,3)} C(3,:)$$ Fila 4

Eliminación Gaussiana

C =

16	12	19	19	4
18	1	19	9	9
2	5	3	16	7
18	10	19	2	9

C =

16.0000	12.0000	19.0000	19.0000	4.0000
0	-12.5000	-2.3750	-12.3750	4.5000
0	-0.0000	-0.0400	10.1600	7.7600
0	0.0000	0.0000	-450.2500	-328.5000

Eliminación Gaussiana

1

$$C(1,:) = C(1,:)$$

$$C(2,:) = C(2,:) - \frac{C(2,1)}{C(1,1)} C(1,:)$$

$$C(3,:) = C(3,:) - \frac{C(3,1)}{C(1,1)} C(1,:)$$

$$C(4,:) = C(4,:) - \frac{C(4,1)}{C(1,1)} C(1,:)$$

2

$$C(1,:) = C(1,:)$$

$$C(2,:) = C(2,:)$$

$$C(3,:) = C(3,:) - \frac{C(3,2)}{C(2,2)} C(2,:)$$

$$C(4,:) = C(4,:) - \frac{C(4,2)}{C(2,2)} C(2,:)$$

3

$$C(1,:) = C(1,:)$$

$$C(2,:) = C(2,:)$$

$$C(3,:) = C(3,:)$$

$$C(4,:) = C(4,:) - \frac{C(4,3)}{C(3,3)} C(3,:)$$

$$\boxed{C(j,:) = C(j,:) - \frac{C(j,i)}{C(i,i)} C(i,:)}$$

i=1

j=2,3 y 4

$$C(1,:)=C(1,:)$$

$$C(2,:)=C(2,:)-\frac{C(2,1)}{C(1,1)}C(1,:)$$

$$C(3,:)=C(3,:)-\frac{C(3,1)}{C(1,1)}C(1,:)$$

$$C(4,:)=C(4,:)-\frac{C(4,1)}{C(1,1)}C(1,:)$$

i=2

j=3 y 4

$$C(1,:)=C(1,:)$$

$$C(2,:)=C(2,:)$$

$$C(3,:)=C(3,:)-\frac{C(3,2)}{C(2,2)}C(2,:)$$

$$C(4,:)=C(4,:)-\frac{C(4,2)}{C(2,2)}C(2,:)$$

i=3

j=4

$$C(1,:)=C(1,:)$$

$$C(2,:)=C(2,:)$$

$$C(3,:)=C(3,:)$$

$$C(4,:)=C(4,:)-\frac{C(4,3)}{C(3,3)}C(3,:)$$

$$C(j,:)=C(j,:)-\frac{C(j,i)}{C(i,i)}C(i,:)$$

```
for i=1:3
    for j=i+1:4
        C(j,:)=C(j,:)-(C(j,i)/C(i,i))*C(i,:);
    end
end
```

```
for i=1:3
      for j=i+1:4
            C(j,:)=C(j,:)-(C(j,i)/C(i,i))*C(i,:);
      end
end
```

Nuestro ejemplo era 4x4

Eliminación Gaussiana


```
for i=1:f-1
    for j=i+1:f
        C(j,:)=C(j,:)-(C(j,i)/C(i,i))*C(i,:);
    end
end
```

Eliminación Gaussiana


```
function [D, e]=gaussiana(A, b)
    [f c]=size(A);
    C=[A,b];
    for i=1:f-1
        for j=i+1:f
            C(j,:)=C(j,:)-(C(j,i)/C(i,i))*C(i,:);
        end
    end
    D=C(:,[1:c]);
    e=C(:,c+1);
endfunction
```

Eliminación Gaussiana

```
function [D, e]=gaussianaBis(A, b)
    [f c]=size(A);
    C=[A,b];
    for i=1:f-1
        for j=i+1:f
            C(j,[i+1:c+1]) = C(j,[i+1:c+1])-(C(j,i)/C(i,i))*C(i,[i+1:c+1]);
        end
        C([i+1:f],i)=0;
    end
    D=C(:,[1:c]);
    e=C(:,c+1);
endfunction
```

Eliminación Gaussiana


```
A =[16   12   19   19
    18    1   19    9
     2    5    3   16
    18   10   19    2];
b =[4   9   7   9]';

[A b]=gaussiana(A,b)
```

```
A  =


   16.    12.          19.          19.
   0.    -12.5        -2.375       -12.375
   0.    -4.441D-16   -0.04         10.16
   0.     1.943D-14    2.220D-16   -450.25
b  =


   4.
   4.5
   7.76
  -328.50000
```

```
A =[16   12   19   19
    18    1   19    9
     2    5    3   16
    18   10   19    2];
b =[4   9   7   9]';

[A b]=gaussianaBis(A,b)
```

```
A  =

   16.    12.      19.       19.
   0.    -12.5   -2.375   -12.375
   0.     0.     -0.04     10.16
   0.     0.      0.      -450.25
b  =

   4.
   4.5
   7.76
 -328.50000
```

Eliminación Gaussiana Simple

- Muchos SEAL se pueden resolver con la eliminación Gaussiana simple, pero existen algunas dificultades.
- El método de eliminación analizado se denomina “simple” porque durante las fases de eliminación es posible que ocurra una división entre cero y no se definieron mecanismos para evitarlo.
- Conforme el sistema se vuelve más grande, el tiempo de cálculo aumenta enormemente. La cantidad de operaciones aumenta casi tres órdenes de magnitud por cada orden de aumento de la dimensión.

Eliminación Gaussiana Simple

- Antes de realizar un paso en la eliminación, resulta conveniente determinar el coeficiente más grande disponible en la columna debajo del elemento pivote.
- Las filas se pueden intercambiar de manera que el elemento más grande sea el elemento pivote; esto se conoce como ***pivoteo parcial***.
- Al procedimiento, donde tanto en las columnas como en las filas se busca el elemento más grande y luego se intercambian, se le conoce como ***pivoteo completo.***
- Los programas computacionales de uso general deben tener una estrategia de pivoteo (al menos parcial).

Pivoteo Parcial (1)

C =

16.	12.	19.	19.	4.
18.	1.	19.	9.	9.
2.	5.	3.	16.	7.
18.	10.	19.	2.	9.

Debemos elegir el mas grande (en valor absoluto) de los pivotes disponibles

Intercambiamos la fila 1 por la 2 y continuamos de manera tradicional

C =

18.	1.	19.	9.	9.
16.	12.	19.	19.	4.
2.	5.	3.	16.	7.
18.	10.	19.	2.	9.

C =

18.	1.	19.	9.	9.
0.	11.111111	2.1111111	11.	-4.
0.	4.8888889	0.8888889	15.	6.
0.	9.	0.	-7.	0.

Pivoteo Parcial (2)

C =

18.	1.	19.	9.	9.
0.	11.111111	2.1111111	11.	-4.
0.	4.8888889	0.8888889	15.	6.
0.	9.	0.	-7.	0.

Debemos elegir el mas grande (en valor absoluto) de los pivotes disponibles

Sin modificaciones y continuamos de manera tradicional

C =

18.	1.	19.	9.	9.
0.	11.111111	2.1111111	11.	-4.
0.	0.	-0.04	10.16	7.76
0.	0.	-1.71	-15.91	3.24

Pivoteo Parcial (3)

C =

18.	1.	19.	9.	9.
0.	11.111111	2.1111111	11.	-4.
0.	0.	-0.04	10.16	7.76
0.	0.	-1.71	-15.91	3.24

Debemos elegir el mas grande (en valor absoluto) de los pivotes disponibles

Intercambiamos la fila 3 por la 4 y continuamos de manera tradicional

C =

18.	1.	19.	9.	9.
0.	11.111111	2.1111111	11.	-4.
0.	0.	-1.71	-15.91	3.24
0.	0.	-0.04	10.16	7.76

C =

18.	1.	19.	9.	9.
0.	11.111111	2.1111111	11.	-4.
0.	0.	-1.71	-15.91	3.24
0.	0.	0.	10.532164	7.6842105

Pivoteo Parcial

C = Con pivoteo

18.	1.	19.	9.	9.
0.	11.111111	2.1111111	11.	-4.
0.	0.	-1.71	-15.91	3.24
0.	0.	0.	10.532164	7.6842105

C = Sin pivoteo

16.	12.	19.	19.	4.
0.	-12.5	-2.375	-12.375	4.5
0.	0.	-0.04	10.16	7.76
0.	0.	0.	-450.25	-328.5

Pivoteo Parcial

- Antes de la primera eliminación (i=1) buscamos el coeficiente de mayor magnitud en la primera columna (completa) y lo ubicamos como pivote.

```
C  =

 16.   12.   19.   19.   4.
 18.   1.    19.   9.    9.
 2.    5.    3.    16.   7.
 18.   10.   19.   2.    9.
```

```
C  =

 18.   1.    19.   9.    9.
 16.   12.   19.   19.   4.
 2.    5.    3.    16.   7.
 18.   10.   19.   2.    9.
```

Pivoteo Parcial

- Antes de la segunda eliminación (i=2) buscamos el coeficiente de mayor magnitud en la segunda columna pero ahora a partir de la segunda posición y lo ubicamos como pivote.

```
C  =


   18.    1.           19.          9.     9.
   0.     11.111111    2.1111111    11.   -4.
   0.     4.8888889    0.8888889    15.    6.
   0.     9.           0.          -7.     0.
```

```
 C  =


   18.    1.           19.          9.     9.
   0.     11.111111    2.1111111    11.   -4.
   0.     4.8888889    0.8888889    15.    6.
   0.     9.           0.          -7.     0.
```

Pivoteo Parcial

- De manera similar, previo a la tercera eliminación (i=3) buscamos el coeficiente de mayor magnitud en la tercera columna (a partir de la tercera posición) y lo ubicamos como pivote.

```
C  =

  18.   1.         19.         9.       9.
  0.    11.111111  2.1111111   11.     -4.
  0.    0.        -0.04        10.16    7.76
  0.    0.        -1.71       -15.91    3.24

C  =

  18.   1.         19.         9.       9.
  0.    11.111111  2.1111111   11.     -4.
  0.    0.        -1.71       -15.91    3.24
  0.    0.        -0.04        10.16    7.76
```

Pivoteo Parcial

- Por lo tanto, previo a la eliminación numero ***i*** se busca el coeficiente de mayor magnitud del vector extraído de la columna ***i*** desde la fila ***i*** hasta la ultima (fila ***f***).

```
[big p] = max(abs(C([i:f],i)));
```

- Ejemplo I (i=1):

```
C =

 16.   12.   19.   19.   4.
 18.   1.    19.   9.    9.
 2.    5.    3.    16.   7.
 18.   10.   19.   2.    9.
```

big=18
p=2

Intercambiamos la fila 1 con la 2

- Por lo tanto, previo a la eliminación numero ***i*** se busca el coeficiente de mayor magnitud del vector extraído de la columna ***i*** desde la fila ***i*** hasta la ultima (fila ***f***).

```
[big p] = max(abs(C([i:f],i)));
```

- Ejemplo II (i=3):

Intercambiamos la fila ***i*** por la ***i+p-1***

C =

18.	1.	19.	9.	9.
0.	11.111111	2.1111111	11.	-4.
0.	0.	$\boxed{-0.04}$	10.16	7.76
0.	0.	$\boxed{-1.71}$	-15.91	3.24

¿Cuando?

Solo si p>1

big=1.71 Intercambiamos la fila 3 con la 4

p = 2

¿Cómo se relaciona **p** con la fila a intercambiar?

Pivoteo Parcial (function)

```
function C=pivoteoparcial(C, i)
    [f c]=size(C);
    [big p] = max(abs(C([i:f],i)));
    if p > 1
        dummy = C;
        C(i,:)     = dummy(i+p-1,:);
        C(i+p-1,:)= dummy(i,:);
    end
endfunction
```

```
function [D, e]=gaussianaPP(A, b)
  [f c]=size(A);
  C=[A,b];
  for i=1:f-1
    for j=i+1:f
      C(j,[i+1:c+1]) = C(j,[i+1:c+1])-(C(j,i)/C(i,i))*C(i,[i+1:c+1]);
    end
    C([i+1:f],i)=0;
  end
  D=C(:,[1:c]);
  e=C(:,c+1);
endfunction
```

¿Dónde introducimos la función para el pivoteo parcial? Completar…

Eliminación Gaussiana con pivoteo parcial

```
A =[16   12   19   19
    18    1   19    9
     2    5    3   16
    18   10   19    2];
b =[4   9   7   9]';

[D,e] = gaussianaPP(A,b)
```

```
D  =

   18.    1.          19.         9.
   0.     11.111111   2.1111111   11.
   0.     0.         -1.71       -15.91
   0.     0.          0.          10.532164
e  =

   9.
  -4.
   3.24
   7.6842105
```

Pivoteo Completo o Total (1)

C =

16.	12.	$\boxed{19.}$	19.	4.
18.	1.	19.	9.	9.
2.	5.	3.	16.	7.
18.	10.	19.	2.	9.

¡Cuidado!
Al intercambiar columnas la incógnita original 3 pasó a ser la 1 del nuevo sistema (y viceversa).

Debemos elegir el mas grande (en valor absoluto) de los pivotes disponibles

Intercambiamos la fila 1 por la 1 y la columna 1 por la 3 y continuamos de manera tradicional

C =

19.	12.	16.	19.	4.
19.	1.	18.	9.	9.
3.	5.	2.	16.	7.
19.	10.	18.	2.	9.

C =

19.	12.	16.	19.	4.
0.	-11.	2.	-10.	5.
0.	3.1052632	-0.5263158	13.	6.3684211
0.	-2.	2.	-17.	5.

Pivoteo Completo o Total (2)

C =

19.	12.	16.	19.	4.
0.	-11.	2.	-10.	5.
0.	3.1052632	-0.5263158	13.	6.3684211
0.	-2.	2.	$\boxed{-17.}$	5.

Debemos elegir el mas grande (en valor absoluto) de los pivotes disponibles

Intercambiamos la fila 2 por la 4 y la columna 2 por la 4 y continuamos de manera tradicional

C =

19.	19.	16.	12.	4.
0.	-17.	2.	-2.	5.
0.	13.	-0.5263158	3.1052632	6.3684211
0.	-10.	2.	-11.	5.

C =

19.	19.	16.	12.	4.
0.	-17.	2.	-2.	5.
0.	0.	1.003096	1.5758514	10.19195
0.	0.	0.8235294	-9.8235294	2.0588235

Pivoteo Completo o Total (3)

```
C  =

   19.    19.    16.           12.           4.
   0.   -17.     2.           -2.            5.
   0.     0.     1.003096      1.5758514     10.19195
   0.     0.     0.8235294   -9.8235294      2.0588235
```

Debemos elegir el mas grande (en valor absoluto) de los pivotes disponibles

Intercambiamos la fila 3 por la 4 y la columna 3 por la 4 y continuamos de manera tradicional

```
C  =

   19.    19.    12.           16.           4.
   0.   -17.    -2.            2.            5.
   0.     0.    -9.8235294     0.8235294     2.0588235
   0.     0.     1.5758514     1.003096      10.19195
```

```
C  =

   19.    19.    12.           16.           4.
   0.   -17.    -2.            2.            5.
   0.     0.    -9.8235294     0.8235294     2.0588235
   0.     0.     0.            1.1352033     10.522219
```

Pivoteo Completo o Total

C = Con pivoteo parcial

18.	1.	19.	9.	9.
0.	11.111111	2.1111111	11.	-4.
0.	0.	-1.71	-15.91	3.24
0.	0.	0.	10.532164	7.6842105

C = Con pivoteo total

19.	19.	12.	16.	4.
0.	-17.	-2.	2.	5.
0.	0.	-9.8235294	0.8235294	2.0588235
0.	0.	0.	1.1352033	10.522219

Pivoteo Completo o Total

x =

9.2690172
0.5674625
-8.6829539
0.7295947

Solución del sistema original o con pivoteo parcial

xn =

-8.6829539
0.7295947
0.5674625
9.2690172

Solución del sistema reformulado con pivoteo total

Pivoteo Completo o Total

- Si a la solución le realizamos hacia atrás las mismas permutación que se realizaron durante la eliminación se llega a la solución del problema original.

xn =	3x4	xn =	2x4	xn =	1x3	xn =
-8.6829539		-8.6829539		-8.6829539		9.2690172
0.7295947		0.7295947		0.5674625		0.5674625
0.5674625		9.2690172		9.2690172		-8.6829539
9.2690172		0.5674625		0.7295947		0.7295947

x =

9.2690172
0.5674625
-8.6829539
0.7295947

Matemática Superior Aplicada

Pivoteo Completo o Total

- Una forma habitual de almacenar esta información es realizar sobre la matriz identidad las mismas permutaciones que a la matriz ampliada.

C =

$$\begin{matrix} 19. & 19. & 12. & 16. & 4. \\ 0. & -17. & -2. & 2. & 5. \\ 0. & 0. & -9.8235294 & 0.8235294 & 2.0588235 \\ 0. & 0. & 0. & 1.1352033 & 10.522219 \end{matrix}$$

Matriz Ampliada luego de la eliminación Gaussiana con pivoteo total

P =

$$\begin{matrix} 0. & 0. & 0. & \boxed{1.} \\ 0. & 0. & \boxed{1.} & 0. \\ \boxed{1.} & 0. & 0. & 0. \\ 0. & \boxed{1.} & 0. & 0. \end{matrix}$$

Matriz con las permutaciones realizadas.

xn =

$$\begin{matrix} -8.6829539 \\ 0.7295947 \\ 0.5674625 \\ 9.2690172 \end{matrix}$$

x =

$$\begin{matrix} 9.2690172 \\ 0.5674625 \\ -8.6829539 \\ 0.7295947 \end{matrix}$$

Pivoteo Completo o Total

- Finalmente la solución del problema original es la matriz de permutaciones multiplicada por la solución del sistema reformulado.

$$x = P \times xn$$

- Por lo tanto, luego de realizar un pivoteo por columnas necesitamos ***si o si*** la información de las permutaciones por columna que se realizaron.

Primera eliminación: i=1

```
C  =

16.   12.   19.   19.   4.
18.   1.    19.   9.    9.
2.    5.    3.    16.   7.
18.   10.   19.   2.    9.
```

big=19
p=[1 3]
fp=1
cp=3

```
[big p]=max(abs(C([i:f],[i:f])));
fp=p(1);
cp=p(2);
```

Pivoteo Completo, ubicación del pivote

Segunda eliminación: i=2

C =

19.	12.	16.	19.	4.
0.	-11.	2.	-10.	5.
0.	3.1052632	-0.5263158	13.	6.3684211
0.	-2.	2.	-17.	5.

big=17
p=[3 3]
fp=3
cp=3

```
[big p]=max(abs(C([i:f],[i:f])));
fp=p(1);
cp=p(2);
```

Intercambiamos la fila ***i*** por la ***i+fp-1***

Intercambiamos la columna ***i*** por la ***i+cp-1***

Pivoteo Completo o Total


```
function [C, P]=pivoteototal(C, i, P)
    [f c]=size(C);
    [big p]=max(abs(C([i:f],[i:f])));
    fp=p(1);
    cp=p(2);
    if fp > 1
        dummy = C;
        C(i,:)    = dummy(i+fp-1,:);
        C(i+fp-1,:)= dummy(i,:);
    end
```

Pivoteo Completo o Total

```
if cp > 1
     dummy = C;
     C(:,i)     = dummy(:,i+cp-1);
     C(:,i+cp-1)= dummy(:,i);
     dummy = P;
     P(:,i)     = dummy(:,i+cp-1);
     P(:,i+cp-1)= dummy(:,i);
  end
endfunction
```

Eliminación Gaussiana con pivoteo total

```
function [D, e]=gaussianaPT(A, b)
    [f c]=size(A);
    C=[A,b];
    for i=1:f-1
        for j=i+1:f
            C(j,[i+1:c+1]) = C(j,[i+1:c+1])-(C(j,i)/C(i,i))*C(i,[i+1:c+1]);
        end
        C([i+1:f],i)=0;
    end
    D=C(:,[1:c]);
    e=C(:,c+1);
endfunction
```

¿Dónde introducimos la función para el pivoteo total?
¿Se deben modificar las salidas de la función?
Completar…

Eliminación Gaussiana con pivoteo total

```
A =[16   12   19   19
    18    1   19    9
     2    5    3   16
    18   10   19    2];
b =[4   9   7   9]';

[D,e,P] = gaussianaPT(A,b)
```

```
D  =

  19.    19.    12.          16.
  0.    -17.   -2.           2.
  0.     0.    -9.8235294    0.8235294
  0.     0.     0.           1.1352033
e  =

  4.
  5.
  2.0588235
  10.522219
P  =

  0.   0.   0.   1.
  0.   0.   1.   0.
  1.   0.   0.   0.
  0.   1.   0.   0.
```