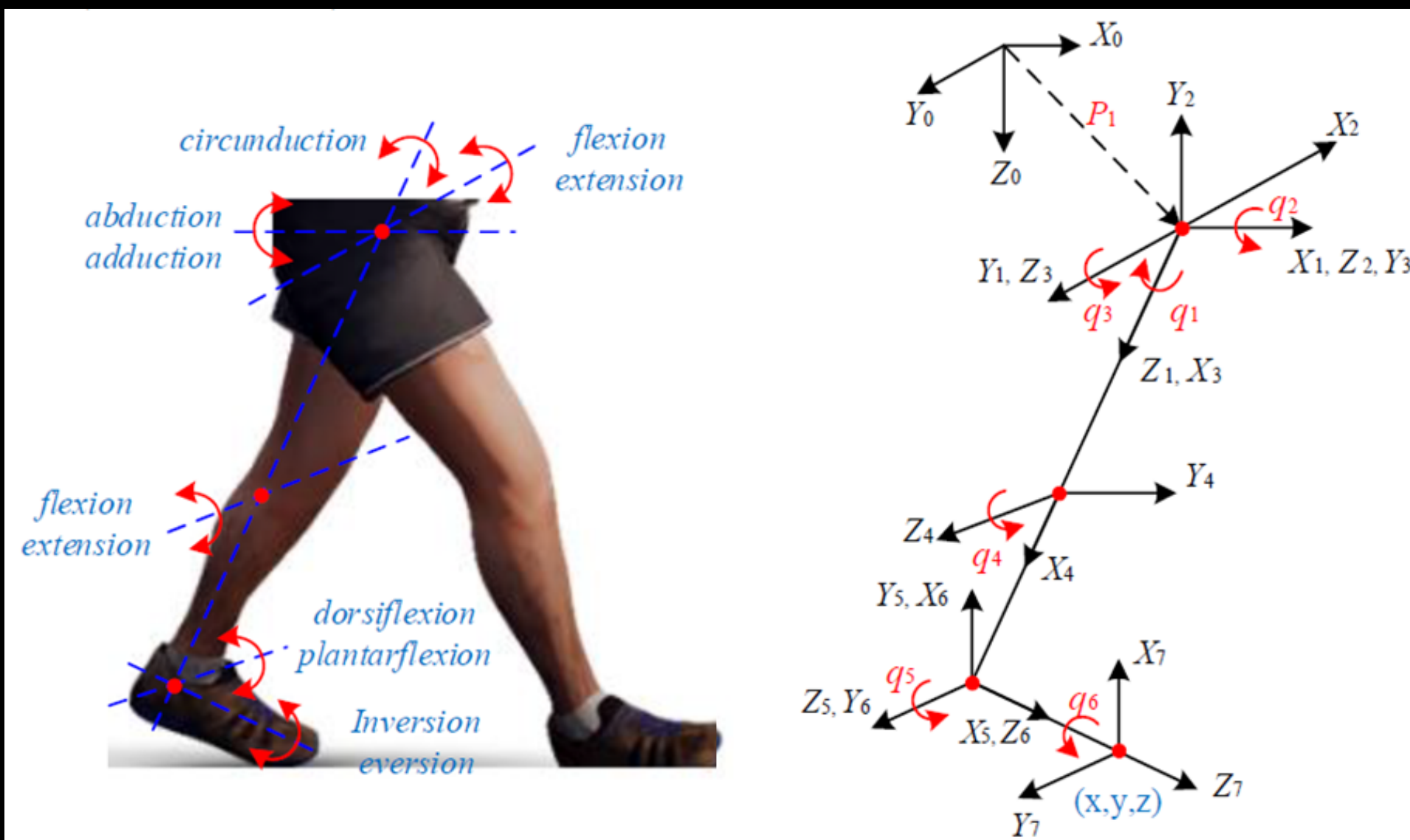




Cinemática Diferencial de Piernas

JHONATAN Yael MARTINEZ VARGAS A0173193



Cinemática Directa

La cinemática diferencial aplicada a los robots humanoides es una herramienta que permite describir y controlar el movimiento de estos robots, relacionando las velocidades de las articulaciones con las velocidades del cuerpo y las extremidades.



Matrices de rotación

Una matriz de rotación es una herramienta matemática utilizada para representar y describir las rotaciones en el espacio tridimensional.

$$R(x, \theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$R(y, \theta) = \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$R(z, \theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Matrices de transformación homogénea

Una matriz de transformación homogénea es una matriz 4×4 que combina tanto la rotación como la traslación en una sola representación. Está compuesta por una matriz de rotación 3×3 y un vector de traslación 3×1 .

MATRIZ DE TRANSFORMACIÓN

$$Tras(\mathbf{p})R(\mathbf{x}, \alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & p_x \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & p_y \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$Tras(\mathbf{p})R(\mathbf{y}, \phi) = \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi & p_x \\ 0 & 1 & 0 & p_y \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$Tras(\mathbf{p})R(\mathbf{z}, \theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & p_x \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & p_y \\ 0 & 0 & 1 & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



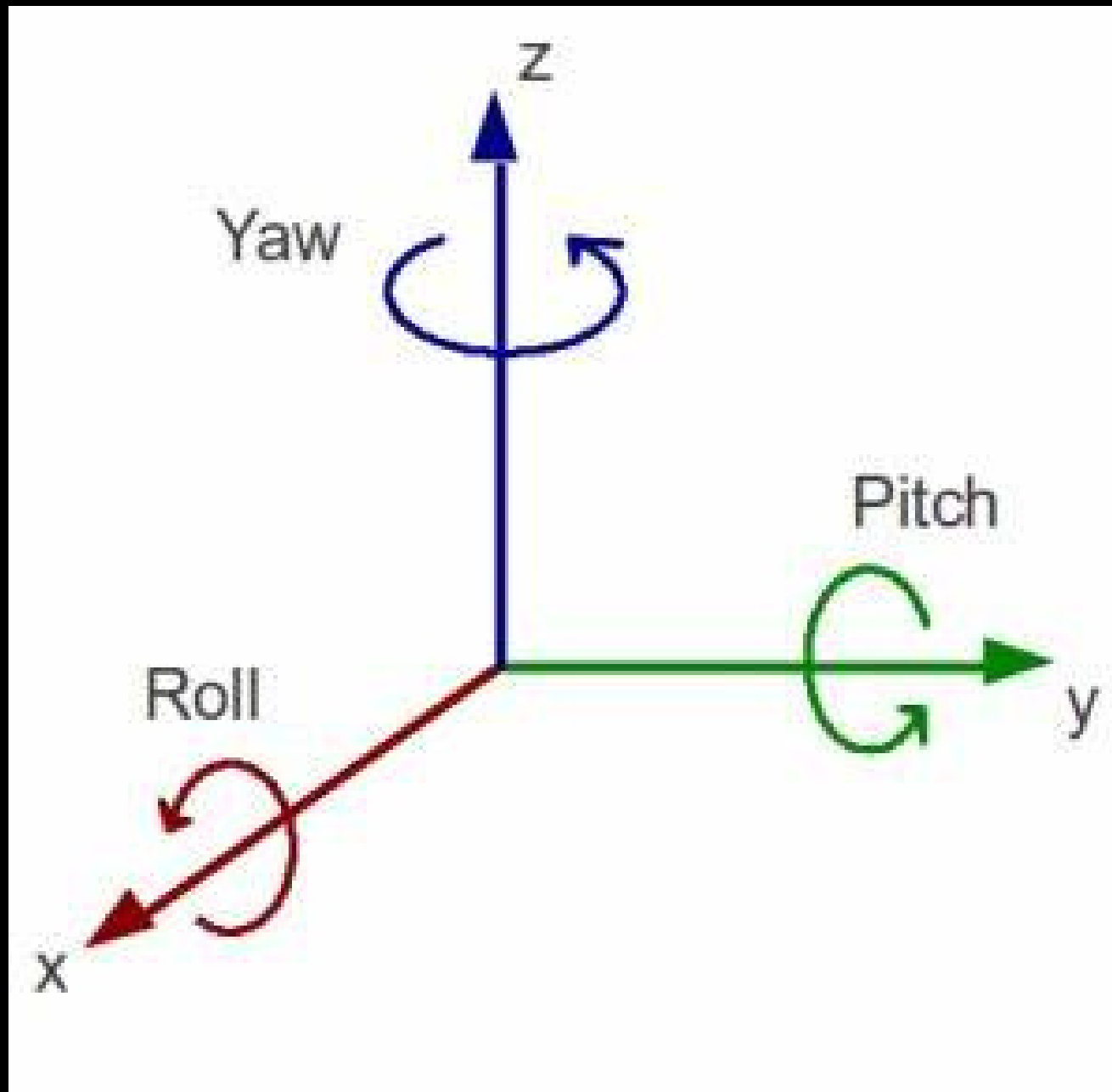
$$\frac{\partial(x, y, z)}{\partial(u, v, w)} = \begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial x}{\partial v} & \frac{\partial x}{\partial w} \\ \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial y}{\partial w} \\ \frac{\partial z}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial w} \end{vmatrix}$$

Jacobiano

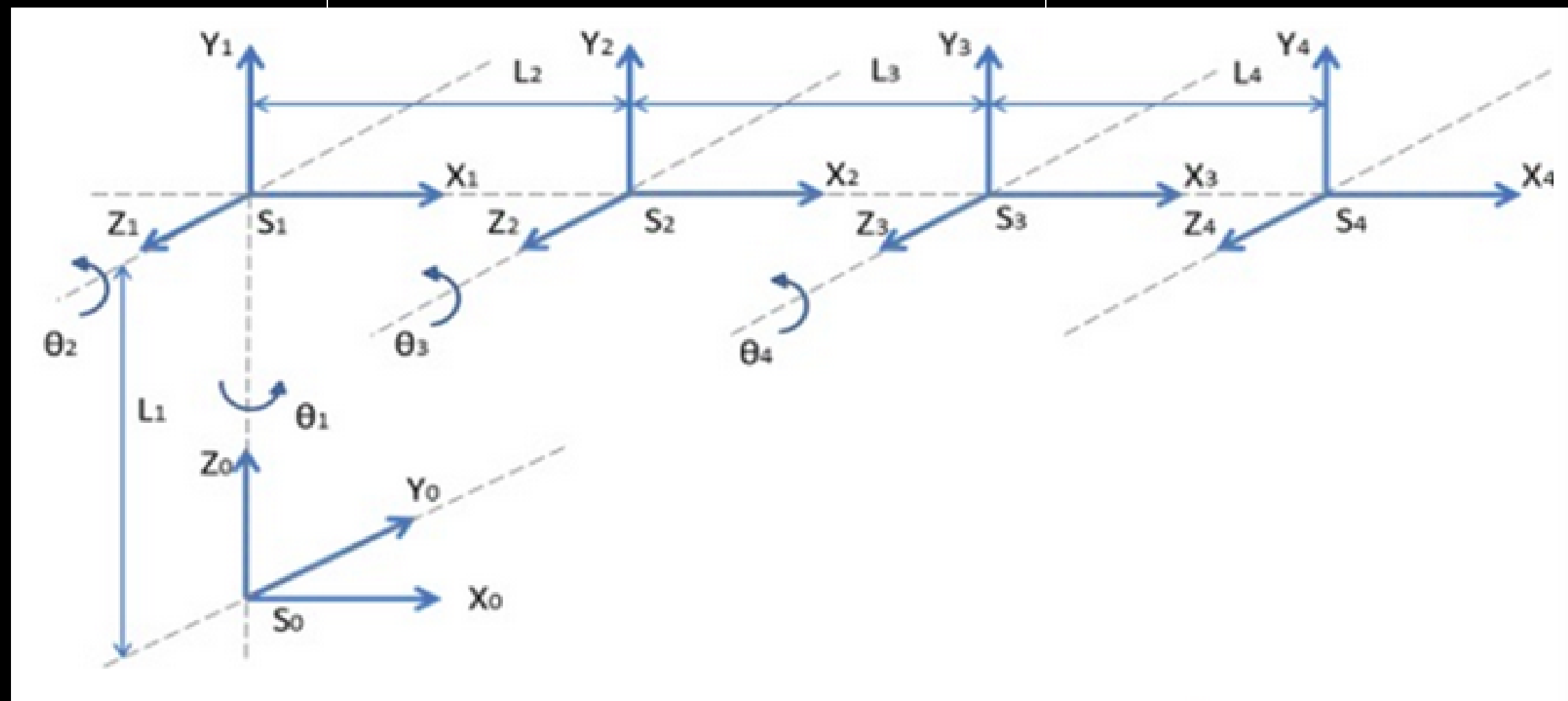
El jacobiano es una matriz que describe cómo cambiarán las coordenadas del punto final del robot (posición y orientación) en respuesta a cambios infinitesimales en las posiciones de las articulaciones del robot.

Angulos de Euler

Los ángulos de Euler son una forma de describir las rotaciones en el espacio tridimensional utilizando tres ángulos que definen una secuencia de rotaciones alrededor de los ejes cartesianos.



EJEMPLO 01





EJEMPLO 01

```
%Calculamos las matrices de transformación homogénea  
m_H0 = SE3
```

m_H0 =

1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

EJEMPLO 01

```
m_H1 = SE3(rotx(pi/2), [0,0,4])
```

m_H1 =

1	0	0	0
0	0.9996	-0.0274	0
0	0.0274	0.9996	4
0	0	0	1

```
m_H2 = SE3(roty(0), [4,0,0])
```

m_H2 =

1	0	0	4
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

```
m_H3 = SE3(roty(0), [4,0,0])
```

m_H3 =

1	0	0	4
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

```
m_H4 = SE3(roty(0), [4,0,0])
```

m_H4 =

1	0	0	4
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1



EJEMPLO 01

```
%Matriz de transformación homogenea global de 4 a 0  
m_H20 = m_H1 * m_H2
```

```
m_H20 =  
    1         0         0         4  
    0    0.9996   -0.0274         0  
    0    0.0274    0.9996         4  
    0         0         0         1
```

```
m_H30 = m_H20 * m_H3
```

```
m_H30 =  
    1         0         0         8  
    0    0.9996   -0.0274         0  
    0    0.0274    0.9996         4  
    0         0         0         1
```

```
m_H40 = m_H30 * m_H4
```

```
m_H40 =  
    1         0         0        12  
    0    0.9996   -0.0274         0  
    0    0.0274    0.9996         4  
    0         0         0         1
```



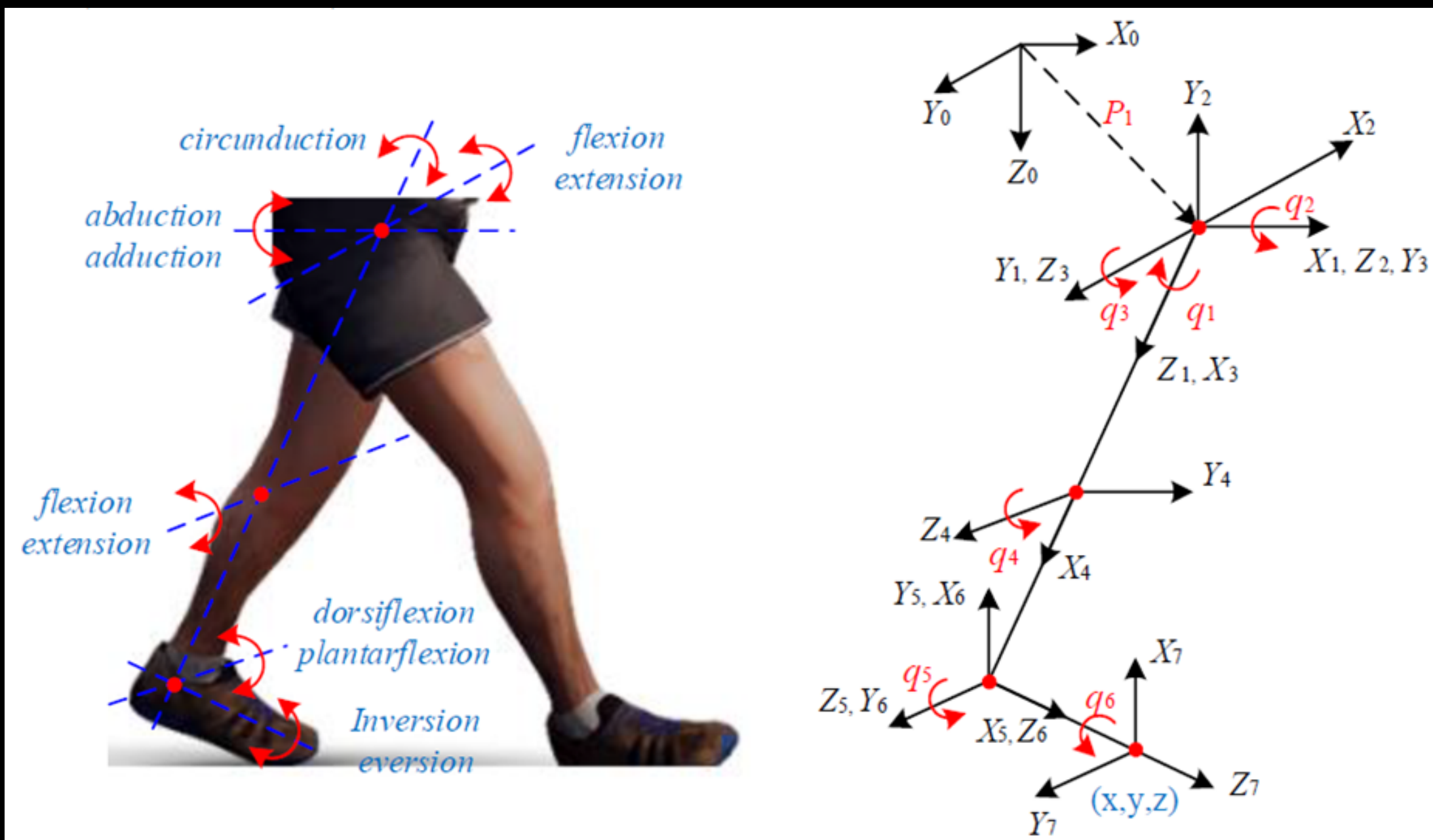
EJEMPLO 01

```
% Matriz de transformacion final  
disp(m_H40)
```

1	0	0	12
0	0.9996	-0.02741	0
0	0.02741	0.9996	4
0	0	0	1

Aquí lo que se puede apreciar es el valor numérico

EJEMPLO 02





EJEMPLO 02

```
m_H0 = SE3;  
  
% Apartir de este momento cada junta tiene que realizar dos rotaciones en diferentes ejes por  
% lo que se crean dos matrices de rotacion continuas para cada una de estas  
  
% Junta 1 a junta 2  
m_H1 = SE3(rosy(pi/2), [0,0,0])
```

```
m_H1 =  
    0.9996    0    0.0274    0  
         0     1     0     0  
   -0.0274    0    0.9996    0  
         0     0     0     1
```



EJEMPLO 02

```
m_H2 = SE3(rotz(-pi/2), [0,0,0])
```

```
m_H2 =  
    0.9996    0.0274    0    0  
   -0.0274    0.9996    0    0  
         0         0     1    0  
         0         0     0    1
```

```
% Junta 2 a junta 3  
m_H3 = SE3(roty(-pi/2), [0,0,0])
```

```
m_H3 =  
    0.9996    0   -0.0274    0  
         0     1     0     0  
    0.0274    0    0.9996    0  
         0     0     0     1
```



EJEMPLO 02

```
m_H2 = SE3(rotz(-pi/2), [0,0,0])
```

```
m_H2 =  
    0.9996    0.0274    0    0  
   -0.0274    0.9996    0    0  
    0         0        1    0  
    0         0        0    1
```

```
% Junta 2 a junta 3
```

```
m_H3 = SE3(roty(-pi/2), [0,0,0])
```

```
m_H3 =  
    0.9996    0   -0.0274    0  
    0        1    0        0  
    0.0274    0    0.9996    0  
    0        0    0        1
```

```
m_H4 = SE3(rotz(-pi/2), [0,0,0])
```

```
m_H4 =  
    0.9996    0.0274    0    0  
   -0.0274    0.9996    0    0  
    0         0        1    0  
    0         0        0    1
```

```
% Junta 3 a junta 4
```

```
m_H5 = SE3(roty(0), [2,0,0])
```

```
m_H5 =  
    1    0    0    2  
    0    1    0    0  
    0    0    1    0  
    0    0    0    1
```




EJEMPLO 02

```
% Junta 4 a junta 5
```

```
m_H6 = SE3(rotz(-pi/2), [2,0,0])
```

```
m_H6 =  
    0.9996    0.0274    0    2  
   -0.0274    0.9996    0    0  
    0         0        1    0  
    0         0        0    1
```

```
% Junta 5 a junta 6
```

```
m_H7 = SE3(rotz(pi/2), [0,0,0])
```

```
m_H7 =  
    0.9996   -0.0274    0    0  
    0.0274    0.9996    0    0  
    0         0        1    0  
    0         0        0    1
```

```
m_H8 = SE3(rotx(pi/2), [0,0,0])
```

```
m_H8 =  
    1    0    0    0  
    0    0.9996   -0.0274    0  
    0    0.0274    0.9996    0  
    0    0        0        1
```

```
% Junta 6 a junta 7
```

```
m_H9 = SE3(roty(0), [0,0,2])
```

```
m_H9 =  
    1    0    0    0  
    0    1    0    0  
    0    0    1    2  
    0    0    0    1
```



EJEMPLO 02

```
%Matriz de transformación homogenea global de 5 a 0  
m_H20 = m_H1 * m_H2
```

```
m_H20 =  
    0.9992    0.0274    0.0274    0  
   -0.0274    0.9996         0    0  
   -0.0274   -0.0008    0.9996    0  
         0         0         0    1
```

```
m_H30 = m_H20 * m_H3
```

```
m_H30 =  
    0.9996    0.0274    0.0000    0  
   -0.0274    0.9996    0.0008    0  
    0.0000   -0.0008    1.0000    0  
         0         0         0    1
```

```
m_H40 = m_H30 * m_H4
```

```
m_H40 =  
    0.9985    0.0548    0.0000    0  
   -0.0548    0.9985    0.0008    0  
    0.0000   -0.0008    1.0000    0  
         0         0         0    1
```

```
m_H50 = m_H40 * m_H5
```

```
m_H50 =  
    0.9985    0.0548    0.0000    1.997  
   -0.0548    0.9985    0.0008   -0.1096  
    0.0000   -0.0008    1.0000  6.178e-05  
         0         0         0    1
```



EJEMPLO 02

$$m_{H60} = m_{H50} * m_{H6}$$

$m_{H60} =$

0.9966	0.0821	0.0000	3.994
-0.0821	0.9966	0.0008	-0.2192
0.0001	-0.0007	1.0000	0.0001236
0	0	0	1

$$m_{H70} = m_{H60} * m_{H7}$$

$m_{H70} =$

0.9985	0.0548	0.0000	3.994
-0.0548	0.9985	0.0008	-0.2192
0.0000	-0.0008	1.0000	0.0001236
0	0	0	1

$$m_{H80} = m_{H70} * m_{H8}$$

$m_{H80} =$

0.9985	0.0548	-0.0015	3.994
-0.0548	0.9981	-0.0266	-0.2192
0.0000	0.0267	0.9996	0.0001236
0	0	0	1

$$m_{H90} = m_{H80} * m_{H9}$$

$m_{H90} =$

0.9985	0.0548	-0.0015	3.991
-0.0548	0.9981	-0.0266	-0.2724
0.0000	0.0267	0.9996	1.999
0	0	0	1



EJEMPLO 02

```
% Matriz de transformacion final  
disp(m_H90)
```

```
      0.9985      0.05477 -0.001492      3.991  
    -0.05479      0.9981    -0.02662    -0.2724  
    3.089e-05      0.02666      0.9996      1.999  
              0              0              0              1
```