



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERIAS

Modelo DH

Materia: *Sistemas Robóticos I* Profesor: *José de Jesús Hernández Barragán*

Carlos Omar Rodriguez Vazquez
219570126

Fecha de Entrega: September 5, 2024

Objetivo

Encuentra el modelo DH de los siguientes manipuladores robóticos.

Es necesario considerar lo siguiente para cada manipulador:

- Construir tabla DH completa
- Añadir todos los marcos de referencia con los ejes bien dibujados e identificados
- Identificar el vector de coordenadas generalizadas
- Construye todas las matrices de transformación $T_{i-1,i}$.

Resultados

Manipulador 1

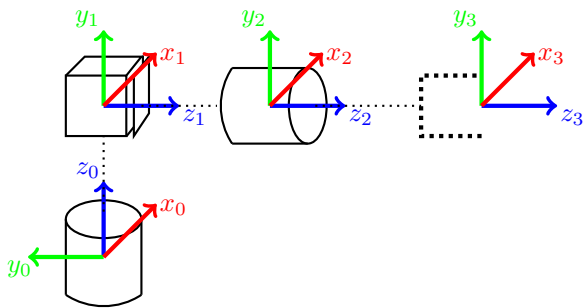


Figure 1: Marcos de Referencia

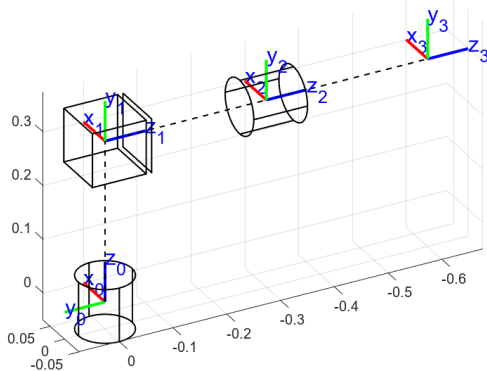


Figure 2: Simulación en Matlab.

Eslabón	α	a	d	θ
1	$\frac{\pi}{1}$	0	d_1^*	θ_1
2	0	0	$d_2 + d_2^*$	0
3	0	0	d_3^*	θ_3

Table 1: Tabla DH del manipulador 1.

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & 0 & \sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & 0 & -\cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 1.0 & 0 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_2 + 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(a) T_{01}

(b) T_{12}

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_3) & -\sin(\theta_3) & 0 & 0 \\ \sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(c) T_{23}

Figure 3: Matrices de transformación $T_{i-1,i}$

Manipulador 2

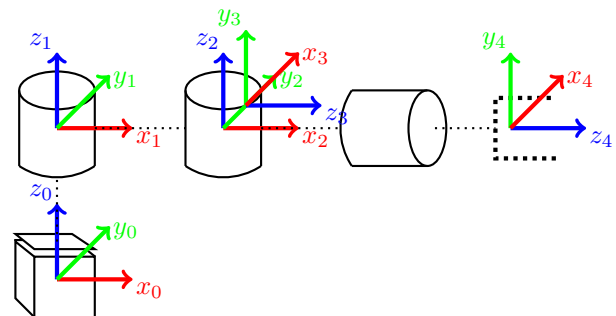


Figure 4: Marcos de Referencia

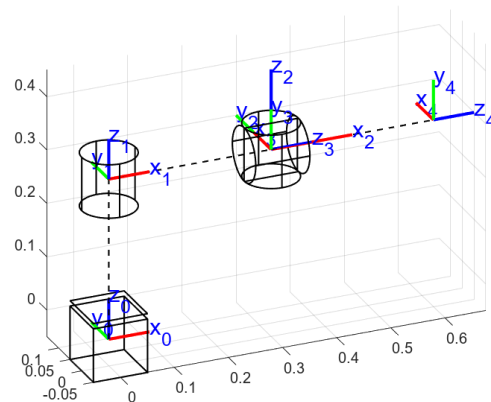


Figure 5: Simulación en Matlab.

Eslabón	α	a	d	θ
1	0	0	$d_1 + d_1^*$	0
2	0	a_1	0	θ_2
3	$\frac{\pi}{2}$	0	0	$\theta_3 + \frac{\pi}{2}$
4	0	0	d_4	θ_4

Table 2: Tabla DH del manipulador 2.

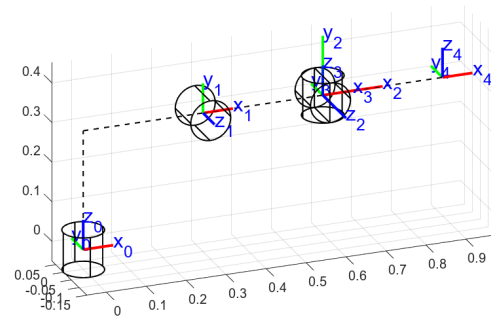


Figure 8: Simulación en Matlab.

$$(a) T_{01} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d+0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(a) T_{01}

$$(b) T_{34} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_4) & -\sin(\theta_4) & 0 & 0 \\ \sin(\theta_4) & \cos(\theta_4) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(b) T_{34}

$$(c) T_{12} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_2) & -\sin(\theta_2) & 0 & 0.3 \cos(\theta_2) \\ \sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 & 0.3 \sin(\theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(c) T_{12}

$$(d) T_{23} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_3 + 1.6) & 0 & \sin(\theta_3 + 1.6) & 0 \\ \sin(\theta_3 + 1.6) & 0 & -\cos(\theta_3 + 1.6) & 0 \\ 0 & 1.0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

(d) T_{23} Figure 6: Matrices de transformación $\mathbf{T}_{i-1,i}$

Eslabón	α	a	d	θ
1	$\frac{\pi}{2}$	a_1	d_1	θ_1
2	0	a_2	0	θ_2
3	$-\frac{\pi}{2}$	0	0	θ_3
4	0	a_4	0	θ_4

Table 3: Tabla DH del manipulador 3.

$$(a) T_{01} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0.3 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(a) T_{01}

$$(b) T_{12} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & 0 & \sin(\theta_1) & 0.3 \cos(\theta_1) \\ \sin(\theta_1) & 0 & -\cos(\theta_1) & 0.3 \sin(\theta_1) \\ 0 & 1 & 0 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(b) T_{12}

$$(c) T_{23} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_3) & -\sin(\theta_3) & 0 & 0.3 \cos(\theta_3) \\ \sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 & 0.3 \sin(\theta_3) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(c) T_{23}

$$(d) T_{34} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_4) & 0 & -\sin(\theta_4) & 0 \\ \sin(\theta_4) & 0 & \cos(\theta_4) & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(d) T_{34}

Manipulador 3

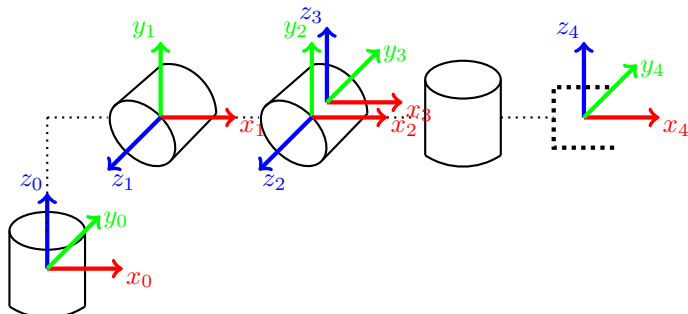


Figure 7: Marcos de Referencia

Figure 9: Matrices de transformación $\mathbf{T}_{i-1,i}$

Manipulador 4

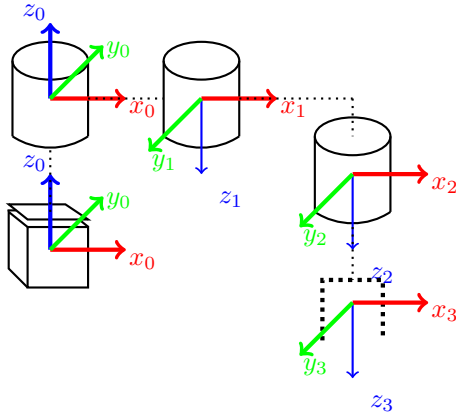


Figure 10: Marcos de Referencia

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 + 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \cos(\theta_4) & -\sin(\theta_4) & 0 & 0 \\ \sin(\theta_4) & \cos(\theta_4) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(a) T_{01} (b) T_{34}

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_2) & \sin(\theta_2) & 0 & 0.3 \cos(\theta_2) \\ \sin(\theta_2) & -\cos(\theta_2) & 0 & 0.3 \sin(\theta_2) \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(c) T_{12}

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_3) & -\sin(\theta_3) & 0 & 0.3 \cos(\theta_3) \\ \sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 & 0.3 \sin(\theta_3) \\ 0 & 0 & 1 & 0.2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(d) T_{23} Figure 12: Matrices de transformación $T_{i-1,i}$

Conclusiones

Al construir la tabla DH de un sistema robótico, es fundamental considerar los sistemas de referencia y el orden en el que se trasladan y rotan de un sistema a otro mediante las matrices de transformación homogénea, siguiendo la convención Denavit-Hartenberg. Durante el proceso, se presentaron situaciones en las que no era posible realizar ciertas rotaciones o traslaciones siguiendo esta convención, por lo que se optaron por otras alternativas. Un ejemplo de ello fue en el manipulador 2, en la transformación T_{23} , donde no existe una traslación, solo una rotación. Aunque el sistema de referencia no está ubicado directamente en la articulación, el efecto es el mismo. Este análisis nos permitió comprender que, si bien la convención DH es una herramienta poderosa para describir manipuladores, en ocasiones se deben ajustar los modelos para representar adecuadamente ciertos movimientos y configuraciones específicas de los manipuladores robóticos.

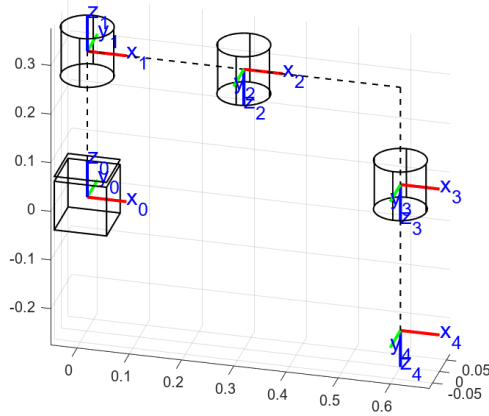


Figure 11: Simulación en Matlab.

Eslabón	α	a	d	θ
1	0	0	$d_1 + d_1^*$	0
2	π	a_2	0	θ_2
3	0	a_3	d_3	θ_3
4	0	0	d_4	θ_4

Table 4: Tabla DH del manipulador 4.