



# Tecnológico de Monterrey

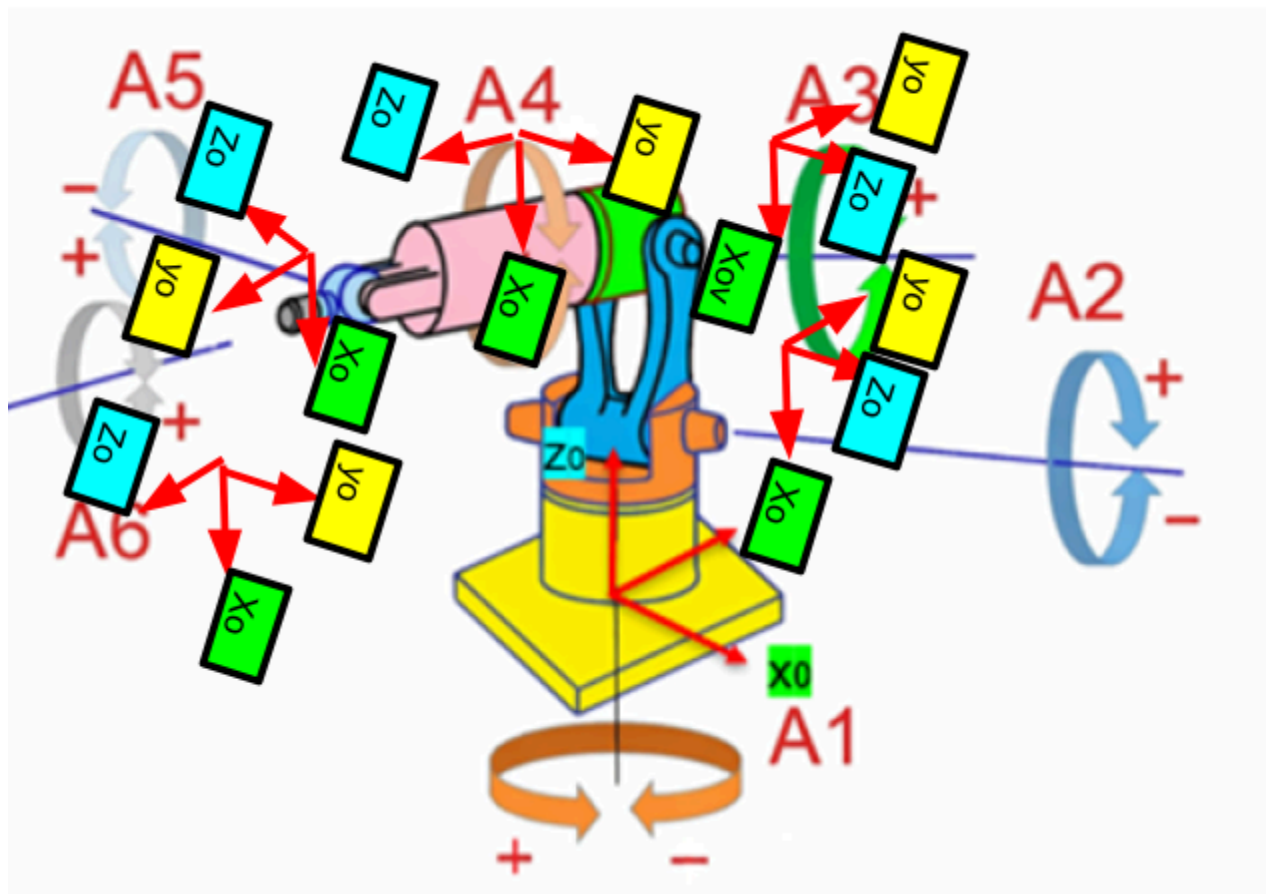
## **Actividad 2 (Transformaciones Rotacionales)**

Ivan Ariel Rebollar León A01737891

22 de Febrero del 2026

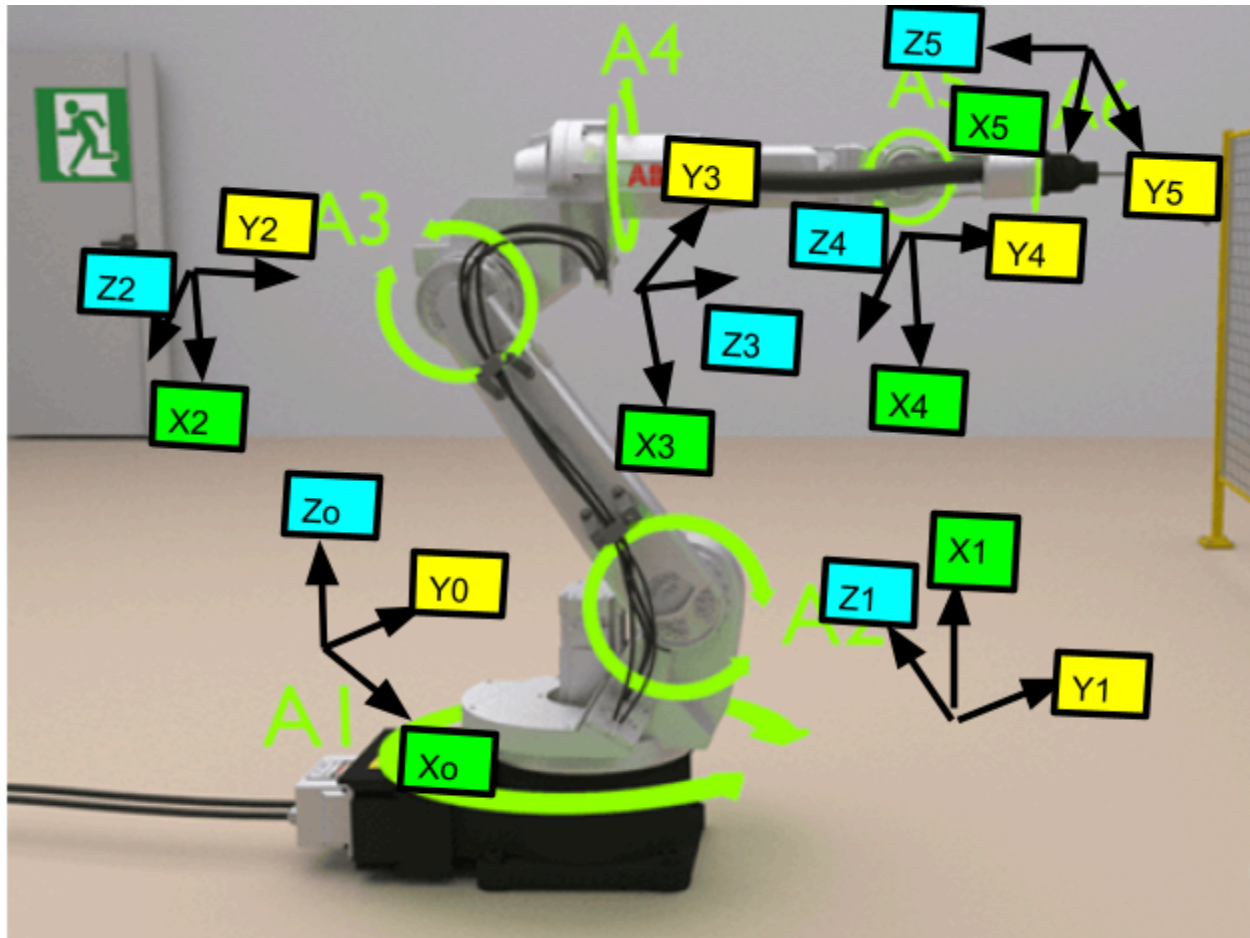
Fundamentación de robótica (Gpo 101)

Alfredo García Suárez



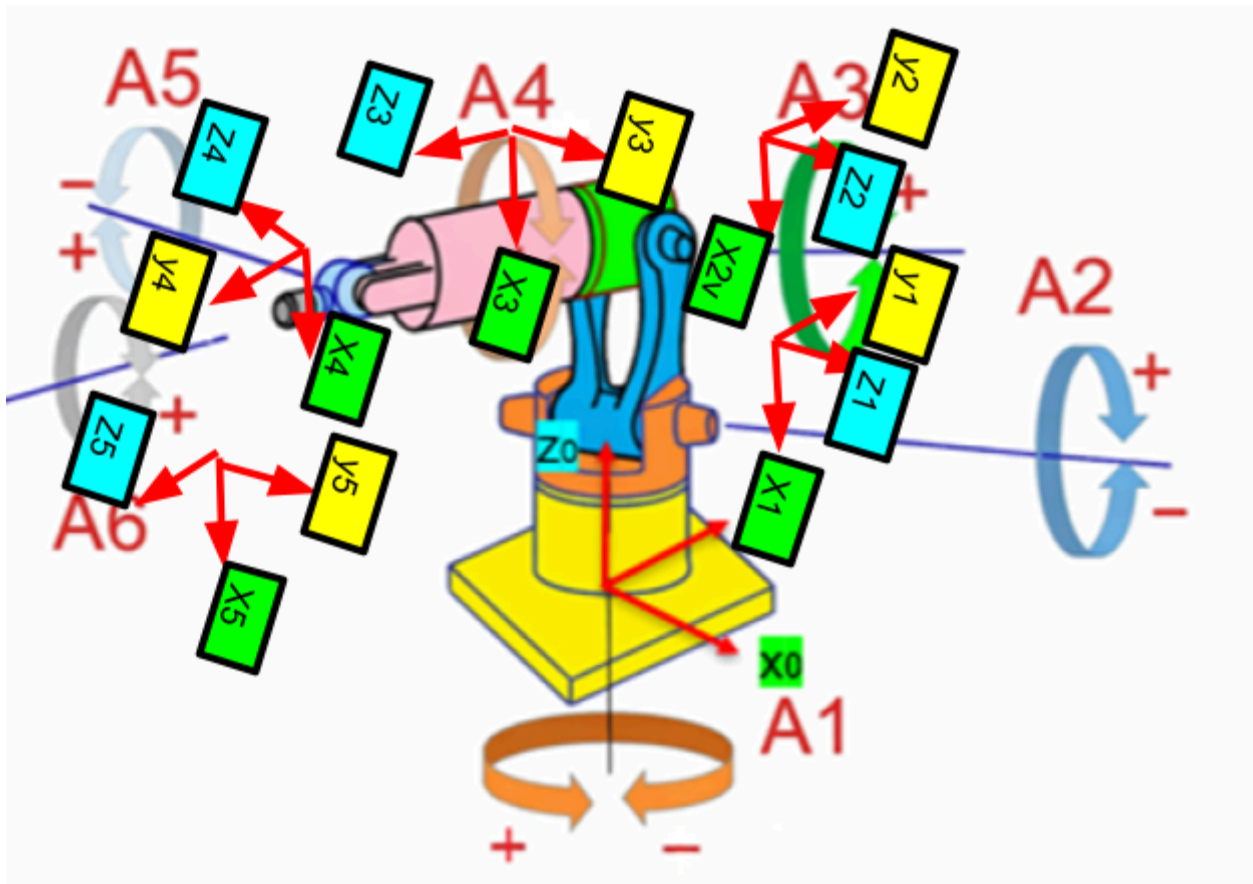
### Rotaciones

- A1 a A2 = Rotación en y de 90 grados
- A2 a A3 = No rota
- A3 a A4 = Rotación en x de 90 grados
- A4 a A5 = Rotación en x de 90 grados
- A5 a A6 = Rotación en x de -90 grados



### Rotaciones

- A1 a A2 = Rotación en y de -90 grados
- A2 a A3 = Rotación en y de 180 grados
- A3 a A4 = Rotación en x de -90 grados
- A4 a A5 = Rotación en x de 90 grados
- A5 a A6 = Rotación en x de 90 grados



### Transformaciones Rotacionales y Traslacionales

- $A_1$  a  $A_2$  = Traslación positiva de  $L_1$  sobre el eje  $Z_0$

Vector de Traslación

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ L_1 \end{bmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z0

Matriz de rotación alrededor del eje Y0  
Evaluada en +90

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad X \quad \begin{vmatrix} \cos(90) & 0 & \sin(90) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(90) & 0 & \cos(90) \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad X \quad \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A1 a A2

$$\begin{vmatrix} 0 & -\sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) \\ 0 & \cos(\theta_1) & \sin(\theta_1) \\ -1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

- A2 a A3 =

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} -L2*\sin(\Theta_2) \\ -L2*\cos(\Theta_2) \\ 0 \end{vmatrix}$$

Translación negativa de  $L2 \cdot \cos(\Theta_2)$  sobre el eje Y1''

Translación negativa de  $L2 \cdot \sin(\Theta_2)$  sobre el eje X1''

No existe Transformación de Rotación

- A3 a A4 =

Vector de Traslación

$$\begin{bmatrix} -L3 \cdot \sin(\Theta_2) \\ L3 \cdot \cos(\Theta_2) \\ 0 \end{bmatrix}$$

Translación positiva de  $L3 \cdot \cos(\Theta_2)$  sobre el eje Y2''

Translación negativa de  $L3 \cdot \sin(\Theta_2)$  sobre el eje X2''

Matriz de rotación alrededor del eje Z2

Matriz de rotación alrededor del eje X2

Evaluada en +90

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

X

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(90) & -\sin(90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) \end{bmatrix}$$

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

X

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

Matriz de rotación de A3 a A4

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_4) & 0 & \sin(\theta_4) \\ \sin(\theta_4) & 0 & -\cos(\theta_4) \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

- A4 a A5 = Translación negativo de L4 sobre el eje Z3

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ -L4 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z3

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

X

Matriz de rotación alrededor del eje X3

Evaluada en +90

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(90) & -\sin(90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

X

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

Matriz de rotación de A4 a A5

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_4) & 0 & \sin(\theta_4) \\ \sin(\theta_4) & 0 & -\cos(\theta_4) \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

- A5 a A6 =

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} -L5*\sin(\Theta_5) \\ -L5*\cos(\Theta_5) \\ 0 \end{vmatrix}$$

Traslación negativo de  $L5*\cos(\Theta_5)$  sobre el eje Y4''

Traslación negativa de  $L5*\sin(\Theta_5)$  sobre el eje X4''

Matriz de rotación alrededor del eje Z4

Matriz de rotación alrededor del eje X4

Evaluada en -90

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_5) & -\sin(\theta_5) & 0 \\ \sin(\theta_5) & \cos(\theta_5) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

X

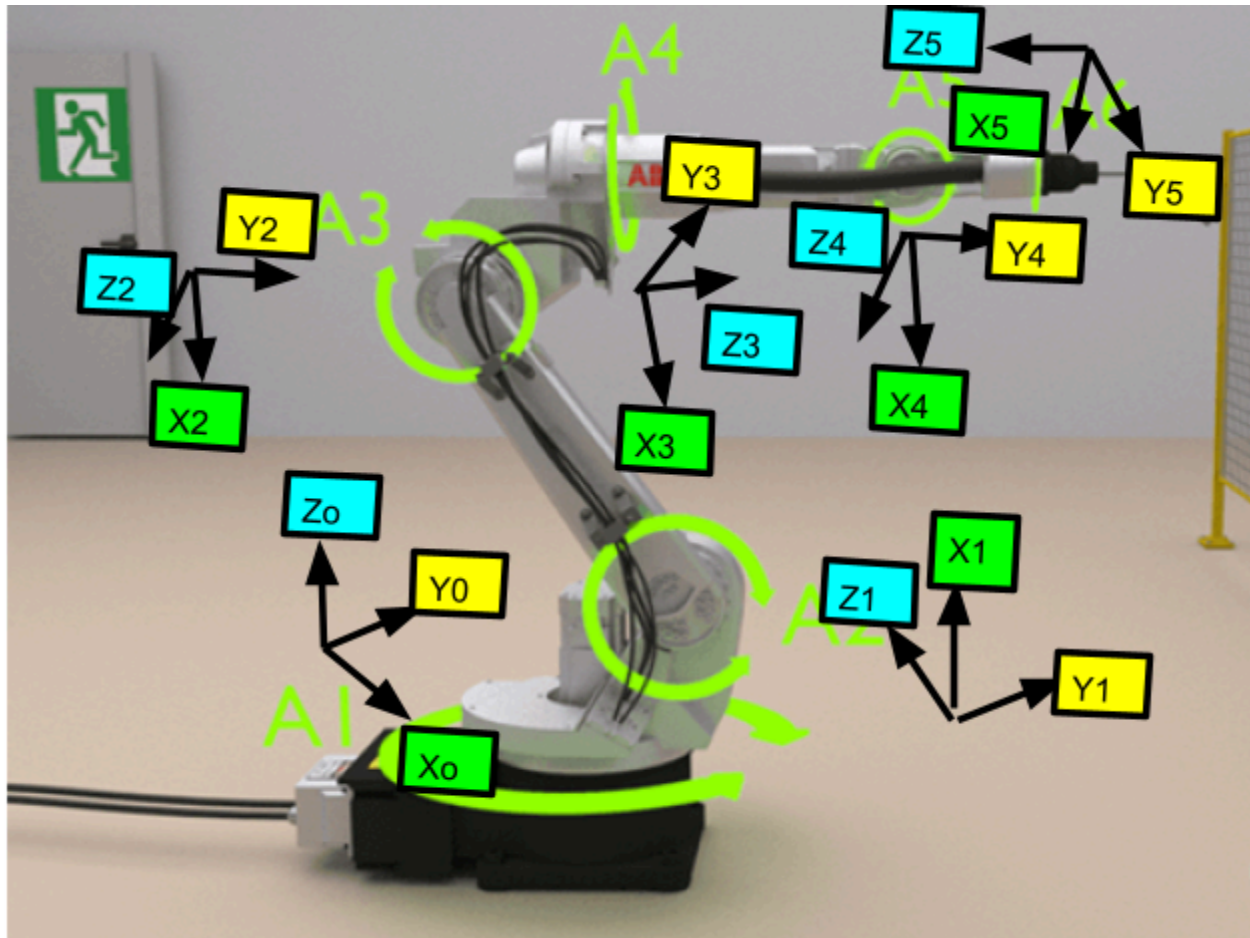
$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(-90) & -\sin(-90) \\ 0 & \sin(-90) & \cos(-90) \end{vmatrix}$$



$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_5) & -\sin(\theta_5) & 0 \\ \sin(\theta_5) & \cos(\theta_5) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad X \quad \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A5 a A6

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_5) & 0 & -\sin(\theta_5) \\ \sin(\theta_5) & 0 & \cos(\theta_5) \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$



### Transformaciones Rotacionales y Traslacionales

- A1 a A2 = Traslación positiva de L1 sobre el eje Z0

Vector de Traslación

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ L1 \end{bmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z0

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

X

Matriz de rotación alrededor del eje Y0

Evaluada en -90

$$\begin{vmatrix} \cos(-90) & 0 & \sin(-90) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(-90) & 0 & \cos(-90) \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A1 a A2

$$\begin{vmatrix} 0 & -\sin(\theta_1) & -\cos(\theta_1) \\ 0 & \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

- A2 a A3 =

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} -L2*\sin(\theta_2) \\ L2*\cos(\theta_2) \\ 0 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z1

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

X

Matriz de rotación alrededor del eje Y1

Evaluada en -90

$$\begin{vmatrix} \cos(-180) & 0 & \sin(-180) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(-180) & 0 & \cos(-180) \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A2 a A3

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

- A3 a A4 =

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} -L3*\sin(\Theta_3) \\ L3*\cos(\Theta_3) \\ 0 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z2

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

X

Matriz de rotación alrededor del eje X2

Evaluada en -90

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(-90) & -\sin(-90) \\ 0 & \sin(-90) & \cos(-90) \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A3 a A4

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

- A4 a A5 =

Vector de Traslación

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ L4 \end{bmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z3

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

X

Matriz de rotación alrededor del eje X3

Evaluada en 90

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(90) & -\sin(90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) \end{bmatrix}$$

Matriz de rotación de A4 a A5

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

- A5 a A6 =

Vector de Traslación

$$\begin{bmatrix} -L5*\sin(\Theta_4) \\ L5*\cos(\Theta_4) \\ 0 \end{bmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z4

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_5) & -\sin(\theta_5) & 0 \\ \sin(\theta_5) & \cos(\theta_5) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

X

Matriz de rotación alrededor del eje X4

Evaluada en 90

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(90) & -\sin(90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A4 a A5

$$\begin{vmatrix} -\cos(\theta_5) & 0 & \sin(\theta_5) \\ \sin(\theta_5) & 0 & -\cos(\theta_5) \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

## RESULTADOS: ROBOT ANTROPOMÓRFICO (6 GDL)

```
Matriz de Transformación local A1
/  0, -sin(th1(t)), cos(th1(t)),  0  \
|  0,  cos(th1(t)), sin(th1(t)),  0  |
| -1,      0,      0,      l1  |
\  0,      0,      0,      1  /

Matriz de Transformación global T1
/  0, -sin(th1(t)), cos(th1(t)),  0  \
|  0,  cos(th1(t)), sin(th1(t)),  0  |
| -1,      0,      0,      l1  |
\  0,      0,      0,      1  /
```

Matriz de Transformación local A2

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -l_2 \sin(\theta_2(t)) \\ 0 & 1 & 0 & -l_2 \cos(\theta_2(t)) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz de Transformación global T2

$$\begin{bmatrix} 0 & -\sin(\theta_1(t)) & \cos(\theta_1(t)) & l_2 \cos(\theta_2(t)) \sin(\theta_1(t)) \\ 0 & \cos(\theta_1(t)) & \sin(\theta_1(t)) & -l_2 \cos(\theta_1(t)) \cos(\theta_2(t)) \\ -1 & 0 & 0 & l_1 + l_2 \sin(\theta_2(t)) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz de Transformación local A3

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_3(t)) & 0 & \sin(\theta_3(t)) & -l_3 \sin(\theta_3(t)) \\ \sin(\theta_3(t)) & 0 & -\cos(\theta_3(t)) & l_3 \cos(\theta_3(t)) \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz de Transformación global T3

$$\begin{bmatrix} -\sin(\theta_1(t)) \sin(\theta_3(t)) & \cos(\theta_1(t)) \cos(\theta_3(t)) \sin(\theta_1(t)) & \sin(\theta_1(t)) \#1 \\ \cos(\theta_1(t)) \sin(\theta_3(t)) & \sin(\theta_1(t)) -\cos(\theta_1(t)) \cos(\theta_3(t)) & -\cos(\theta_1(t)) \#1 \\ -\cos(\theta_3(t)) & 0 & -\sin(\theta_3(t)) & l_1 + l_2 \sin(\theta_2(t)) + l_3 \sin(\theta_3(t)) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz de Transformación local A4

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_4(t)) & 0 & \sin(\theta_4(t)) & 0 \\ \sin(\theta_4(t)) & 0 & -\cos(\theta_4(t)) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -l_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz de Transformación global T4

$$\begin{bmatrix} [\cos(\theta_1(t)) \sin(\theta_4(t)) - \cos(\theta_4(t)) \sin(\theta_1(t)) \sin(\theta_3(t)), \cos(\theta_3(t)) \sin(\theta_1(t)) - \cos(\theta_1(t)) \cos(\theta_4(t)) - \sin(\theta_1(t)) \sin(\theta_3(t)) \sin(\theta_4(t)), \\ -\sin(\theta_1(t)) \#1], \\ [\sin(\theta_1(t)) \sin(\theta_4(t)) + \cos(\theta_1(t)) \cos(\theta_4(t)) \sin(\theta_3(t)), -\cos(\theta_1(t)) \cos(\theta_3(t)), \cos(\theta_1(t)) \sin(\theta_3(t)) \sin(\theta_4(t)) - \cos(\theta_4(t)) \sin(\theta_1(t)), \\ \cos(\theta_1(t)) \#1], [-\cos(\theta_3(t)) \cos(\theta_4(t)), -\sin(\theta_3(t)), -\cos(\theta_3(t)) \sin(\theta_4(t)), l_1 + l_2 \sin(\theta_2(t)) + l_3 \sin(\theta_3(t)) + l_4 \sin(\theta_3(t))], \\ [0, 0, 0, 1] \end{bmatrix}$$

```

Matriz de Transformación local A5
/ cos(th5(t)), 0, -sin(th5(t)), -15 sin(th5(t)) \
| sin(th5(t)), 0, cos(th5(t)), -15 cos(th5(t)) |
| 0, -1, 0, 0 |
\ 0, 0, 0, 1 /

Matriz de Transformación global T5
[[cos(th5(t)) #1 + cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th5(t)), cos(th1(t)) cos(th4(t)) + sin(th1(t)) sin(th3(t)) sin(th4(t)),
cos(th3(t)) cos(th5(t)) sin(th1(t)) - sin(th5(t)) #1, - sin(th1(t)) #3 - 15 sin(th5(t)) #1 - 15 cos(th3(t)) cos(th5(t)) sin(th1(t))],
[cos(th5(t)) #2 - cos(th1(t)) cos(th3(t)) sin(th5(t)), cos(th4(t)) sin(th1(t)) - cos(th1(t)) sin(th3(t)) sin(th4(t)),
- sin(th5(t)) #2 - cos(th1(t)) cos(th3(t)) cos(th5(t)), cos(th1(t)) #3 - 15 sin(th5(t)) #2 + 15 cos(th1(t)) cos(th3(t)) cos(th5(t))],
[- sin(th3(t)) sin(th5(t)) - cos(th3(t)) cos(th4(t)) cos(th5(t)), cos(th3(t)) sin(th4(t)), cos(th3(t)) cos(th4(t)) sin(th5(t)) - cos(th5(t)) sin(th3(t)),
11 + 12 sin(th2(t)) + 13 sin(th3(t)) + 14 sin(th3(t)) + 15 cos(th5(t)) sin(th3(t)) + 15 cos(th3(t)) cos(th4(t)) sin(th5(t))],
[0, 0, 0, 1]]

```

## RESULTADOS: ROBOT INDUSTRIAL (6 GDL)

```

Matriz de Transformación local A1
/ 0, -sin(th1(t)), -cos(th1(t)), 0 \
| 0, cos(th1(t)), -sin(th1(t)), 0 |
| 1, 0, 0, 11 |
\ 0, 0, 0, 1 /

Matriz de Transformación global T1
/ 0, -sin(th1(t)), -cos(th1(t)), 0 \
| 0, cos(th1(t)), -sin(th1(t)), 0 |
| 1, 0, 0, 11 |
\ 0, 0, 0, 1 /

```



```

Matriz de Transformación local A2
/ -cos(th2(t)), -sin(th2(t)), 0, -l2 sin(th2(t)) \
|
| -sin(th2(t)), cos(th2(t)), 0, l2 cos(th2(t)) |
|
| 0, 0, -1, 0 |
|
\ 0, 0, 0, 1 /

Matriz de Transformación global T2
/ sin(th1(t)) sin(th2(t)), -cos(th2(t)) sin(th1(t)), cos(th1(t)), -l2 cos(th2(t)) sin(th1(t)) \
|
| -cos(th1(t)) sin(th2(t)), cos(th1(t)) cos(th2(t)), sin(th1(t)), l2 cos(th1(t)) cos(th2(t)) |
|
| -cos(th2(t)), -sin(th2(t)), 0, l1 - l2 sin(th2(t)) |
|
\ 0, 0, 0, 1 /

```

```

Matriz de Transformación local A3
/ -cos(th3(t)), 0, -sin(th3(t)), -l3 sin(th3(t)) \
|
| sin(th3(t)), 0, -cos(th3(t)), l3 cos(th3(t)) |
|
| 0, -1, 0, 0 |
|
\ 0, 0, 0, 1 /

Matriz de Transformación global T3
/ -sin(th1(t)) sin(#1), -cos(th1(t)), sin(th1(t)) cos(#1), -sin(th1(t)) #2 \
|
| cos(th1(t)) sin(#1), -sin(th1(t)), -cos(th1(t)) cos(#1), cos(th1(t)) #2 |
|
| cos(#1), 0, sin(#1), l1 - l2 sin(th2(t)) - l3 sin(#3) |
|
\ 0, 0, 0, 1 /

```

```

Matriz de Transformación local A4
/ -cos(th4(t)), 0, sin(th4(t)), 0 \
|
| sin(th4(t)), 0, -cos(th4(t)), 0 |
|
| 0, 1, 0, l4 |
|
\ 0, 0, 0, 1 /

Matriz de Transformación global T4
[[cos(th4(t)) sin(th1(t)) sin(#1) - cos(th1(t)) sin(th4(t)), sin(th1(t)) cos(#1), cos(th1(t)) cos(th4(t)) - sin(th1(t)) sin(th4(t)) sin(#1),
l4 sin(th1(t)) cos(#1) - sin(th1(t)) #2],

[- sin(th1(t)) sin(th4(t)) - cos(th1(t)) cos(th4(t)) sin(#1), -cos(th1(t)) cos(#1), cos(th4(t)) sin(th1(t)) + cos(th1(t)) sin(th4(t)) sin(#1),
cos(th1(t)) #2 - l4 cos(th1(t)) cos(#1)], [-cos(th4(t)) cos(#1), sin(#1), sin(th4(t)) cos(#1), l1 - l2 sin(th2(t)) + l4 sin(#1) - l3 sin(#3)],

[0, 0, 0, 1]]

```

Matriz de Transformación local A5

$$\begin{pmatrix} -\cos(\theta_5(t)) & 0 & \sin(\theta_5(t)) & -l_5 \sin(\theta_5(t)) \\ \sin(\theta_5(t)) & 0 & -\cos(\theta_5(t)) & l_5 \cos(\theta_5(t)) \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Matriz de Transformación global T5

$$\begin{aligned} & [[\cos(\theta_5(t)) \#1 + \sin(\theta_1(t)) \sin(\theta_5(t)) \cos(\#4), \cos(\theta_1(t)) \cos(\theta_4(t)) - \sin(\theta_1(t)) \sin(\theta_4(t)) \sin(\#4), \\ & -\sin(\theta_5(t)) \#1 - \cos(\theta_5(t)) \sin(\theta_1(t)) \cos(\#4), l_5 \sin(\theta_5(t)) \#1 - \sin(\theta_1(t)) \#3 + l_4 \sin(\theta_1(t)) \cos(\#4) + l_5 \cos(\theta_5(t)) \sin(\theta_1(t)) \cos(\#4)], \\ & [\cos(\theta_5(t)) \#2 - \cos(\theta_1(t)) \sin(\theta_5(t)) \cos(\#4), \cos(\theta_4(t)) \sin(\theta_1(t)) + \cos(\theta_1(t)) \sin(\theta_4(t)) \sin(\#4), \\ & \cos(\theta_1(t)) \cos(\theta_5(t)) \cos(\#4) - \sin(\theta_5(t)) \#2, \cos(\theta_1(t)) \#3 + l_5 \sin(\theta_5(t)) \#2 - l_4 \cos(\theta_1(t)) \cos(\#4) - l_5 \cos(\theta_1(t)) \cos(\theta_5(t)) \cos(\#4)], \\ & [\sin(\theta_5(t)) \sin(\#4) + \cos(\theta_4(t)) \cos(\theta_5(t)) \cos(\#4), \sin(\theta_4(t)) \cos(\#4), -\cos(\theta_5(t)) \sin(\#4) - \cos(\theta_4(t)) \sin(\theta_5(t)) \cos(\#4), \\ & l_1 - l_2 \sin(\theta_2(t)) + l_4 \sin(\#4) - l_3 \sin(\#5) + l_5 \cos(\theta_5(t)) \sin(\#4) + l_5 \cos(\theta_4(t)) \sin(\theta_5(t)) \cos(\#4)], \\ & [0, 0, 0, 1] \end{aligned}$$