

*Universidad Tecnológica  
Nacional  
Facultad Regional Buenos Aires*

---

---

***Materia: Robótica***

***Curso: R-6055***

***Profesor: Ing. Hernán Gianetta***

***JTP: Ing. Damián Granzella***

***Año: 2010***

---

---

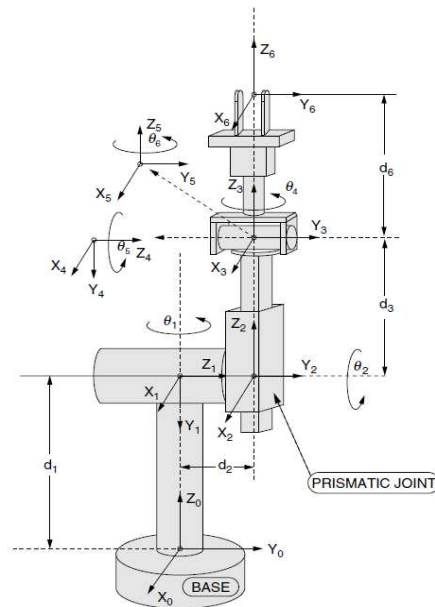
## ***Tesis Final***

***Alumnos:***      *Charec, Diego*                      *113768-2*  
                         *Montaño Vallejos, Hector*              *116021-7*

***Fecha de Entrega: 27/08/2010***

---

## Cinemática del Robot Manipulador Stanford Elegido



## Cuadro con las Articulaciones del Robot Stanford de 6 Grados de Libertad

Articulación	$\theta$	d	A	$\alpha$
1	$\theta_1$	l1	0	$-90^\circ$
2	$\theta_2$	l2	0	$90^\circ$
3	0	d3	0	0
4	$\theta_4$	0	0	$-90^\circ$
5	$\theta_5$	0	0	$90^\circ$
6	$\theta_6$	l6	0	0

## Obtención de Matrices por el Método de Transformación Homogénea

Obtención de  $A_0^1$ : Rotación en eje Z, seguida de una Traslación en Z, y por ultimo una Rotación sobre el eje X.

$$A_0^1 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & 0 & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & 0 & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & -1 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Obtención de  $A_1^2$ : Rotación en eje Z, seguida de una Traslación en Z, y por ultimo una Rotación sobre el eje X.

$$A_1^2 = \begin{bmatrix} \cos(\theta 2) & 0 & \sin(\theta 2) & 0 \\ \sin(\theta 2) & 0 & -\cos(\theta 2) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & l2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Obtención de  $A_2^3$ : Traslación sobre el eje Z.

$$A_2^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Obtención de  $A_3^4$ : Rotación en eje Z y Rotación sobre el eje X.

$$A_3^4 = \begin{bmatrix} \cos(\theta 4) & 0 & -\sin(\theta 4) & 0 \\ \sin(\theta 4) & 0 & \cos(\theta 4) & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Obtención de  $A_4^5$ : Rotación en eje Z y Rotación sobre el eje X.

$$A_4^5 = \begin{bmatrix} \cos(\theta 5) & 0 & \sin(\theta 5) & 0 \\ \sin(\theta 5) & 0 & -\cos(\theta 5) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Obtención de  $A_5^6$ : Rotación sobre el eje Z y Traslación sobre el eje Z

$$A_5^6 = \begin{bmatrix} \cos(\theta 6) & -\sin(\theta 6) & 0 & 0 \\ \sin(\theta 6) & \cos(\theta 6) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Obtención de  $T_0^6 = A_0^1 x A_1^2 x A_2^3 x A_3^4 x A_4^5 x A_5^6$

$$T_0^6 = \begin{bmatrix} A & B & C & D \\ E & F & G & H \\ I & J & K & L \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Donde cada término queda definido a continuación:

$$A = \{ [\cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) - \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_4)] \cdot \cos(\theta_5) - \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \sin(\theta_5) \} \cdot \cos(\theta_6) \\ + [ - \cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \sin(\theta_4) - \sin(\theta_1) \cdot \cos(\theta_4) ] \cdot \sin(\theta_6)$$

$$B = - \{ [\cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) - \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_4)] \cdot \cos(\theta_5) - \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \sin(\theta_5) \} \cdot \sin(\theta_6) \\ + [ - \cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \sin(\theta_4) - \sin(\theta_1) \cdot \cos(\theta_4) ] \cdot \cos(\theta_6)$$

$$C = [ \cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) - \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_4) ] \cdot \sin(\theta_5) + \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \cos(\theta_5)$$

$$D = \{ [\cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) - \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_4)] \cdot \sin(\theta_5) + \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \cos(\theta_5) \} \cdot 16 \\ + \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot d_3 - \sin(\theta_1) \cdot 12$$

$$E = \{ [\sin(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) + \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_4)] \cdot \cos(\theta_5) - \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \sin(\theta_5) \} \cdot \cos(\theta_6) \\ + [ - \sin(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \sin(\theta_4) + \cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_4) ] \cdot \sin(\theta_6)$$

$$F = - \{ [\sin(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) + \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_4)] \cdot \cos(\theta_5) - \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \sin(\theta_5) \} \cdot \sin(\theta_6) \\ + [ - \sin(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \sin(\theta_4) + \cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_4) ] \cdot \cos(\theta_6)$$

$$G = [ \sin(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) + \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_4) ] \cdot \sin(\theta_5) + \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \cos(\theta_5)$$

$$H = \{ [\sin(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) + \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_4)] \cdot \sin(\theta_5) + \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \cos(\theta_5) \} \cdot 16 \\ + \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot d_3 + \cos(\theta_1) \cdot 12$$

$$I = [ -\sin(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) \cdot \cos(\theta_5) - \cos(\theta_2) \cdot \sin(\theta_5) ] \cdot \cos(\theta_6) + \sin(\theta_2) \cdot \sin(\theta_4) \cdot \sin(\theta_6)$$

$$J = - [ -\sin(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) \cdot \cos(\theta_5) - \cos(\theta_2) \cdot \sin(\theta_5) ] \cdot \sin(\theta_6) + \sin(\theta_2) \cdot \sin(\theta_4) \cdot \cos(\theta_6)$$

$$K = - \sin(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) \cdot \sin(\theta_5) + \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_5)$$

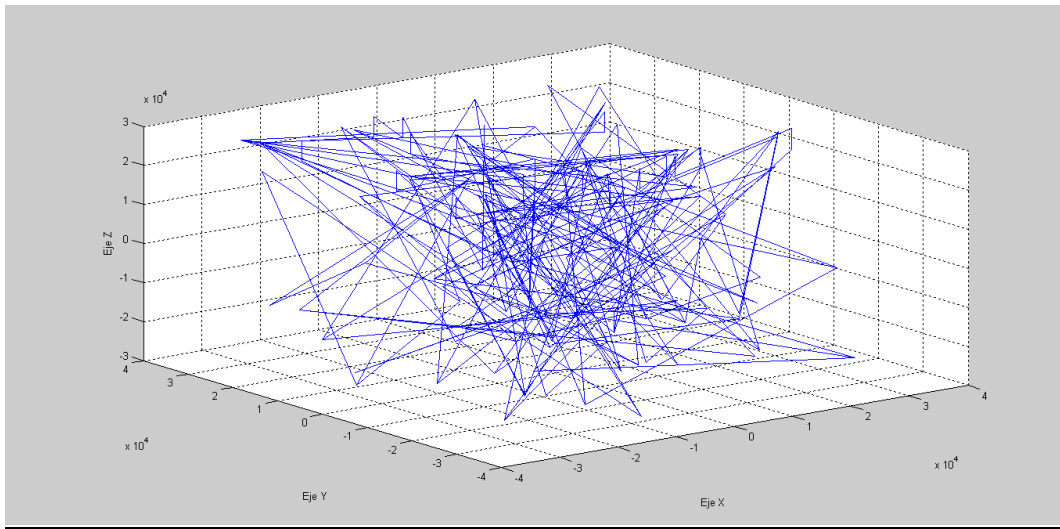
$$L = [ -\sin(\theta_2) \cdot \cos(\theta_4) \cdot \sin(\theta_5) + \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_5) ] \cdot 16 + \cos(\theta_2) \cdot d_3 + 11$$

Para nuestro brazo robótico nuestras coordenadas X, Y, Z serán:

$$X = D \quad Y = H \quad Z = L$$

Dichas coordenadas serán utilizadas para el empleo de la simulación en DSP.

### **Simulación del DSP con Code Warrior obtenido en Matlab**



La simulación fue realizada para una cantidad de ángulos de rotación muy pequeña a efectos de mostrar una zona de trabajo específica en la cual trabajara. Se estimó una variación de  $10.8^\circ$  por cada articulación de rotación y 3 pasos como máximo en la base prismática de rotación.

## **Dinámica del Robot Manipulador Stanford**

A continuación se tratara sobre la parte dinámica del Stanford, y para ello se lo dividirá en dos partes, una con el sistema 1 2 3, y la segunda con el sistema 4 5 6.

Esta separación es para comprobar como se maneja el manipulador, por un lado esta el manejo de la base, y por el otro un poco mas fino para la manipulación de la pinza que puede llegar a manejar o transportar objetos.

### **Sistema 1 2 3**

Para tal tarea se deben completar unas matrices en la configuración del diagrama en bloques utilizado, que se encuentra dentro de la herramienta Hemero dentro de Matlab.

Matriz a completar en el cuadro de matrices del bloque:

```
dyn = [0 0 0 0 0 9.29 11.05 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0;  
       0 11.05 0 0 0 5.01 10.54 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0;  
       0 11.05 0 0 0 4.25 64.47 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0]
```

Una vez cargadas las matrices dinámicas se procede a su simulación que fue configurada para un tiempo de visualización de 10 segundos, estas mismas arrojaron: En la Figura 1 (visualizada por el Scope 2) se encuentra el comportamiento de las 3 primeras articulaciones, y en la Figura 2 (visualizada por el Scope 1) su correspondiente Par y Fuerza aplicados.

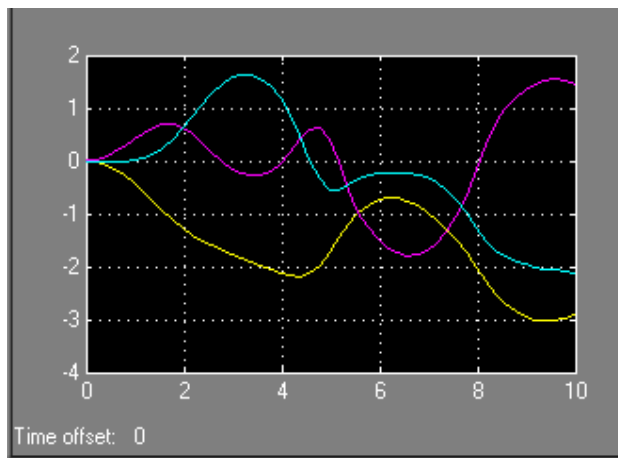


Figura 1

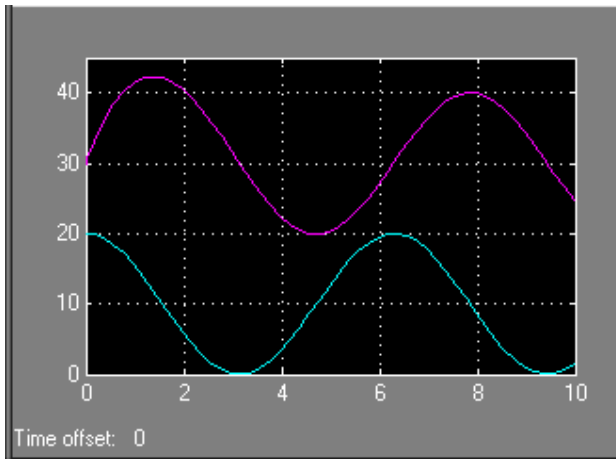


Figura 2

Como señal de prueba piloto se usaron señales senoidales en las entradas de un MUX que actúa para dividir estas señales de modo de que sean aplicadas a cada articulación de rotación.

#### **Sistema 4 5 6**

Del mismo modo que el anterior se procede de la misma manera

Matriz a completar en el cuadro de matrices del bloque:

```
dyn = [0 0 0 0 0 1.05 0.54 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0;
       0 0 0 0 0 0.63 5.66 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0;
       0 0 0 0 0 0.51 15.54 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0]
```

En la Figura 3 (visualizada por el Scope 2) se encuentra el comportamiento de las 3 articulaciones, y en la Figura 4 (visualizada por el Scope 1) su correspondiente Par y Fuerza aplicados.

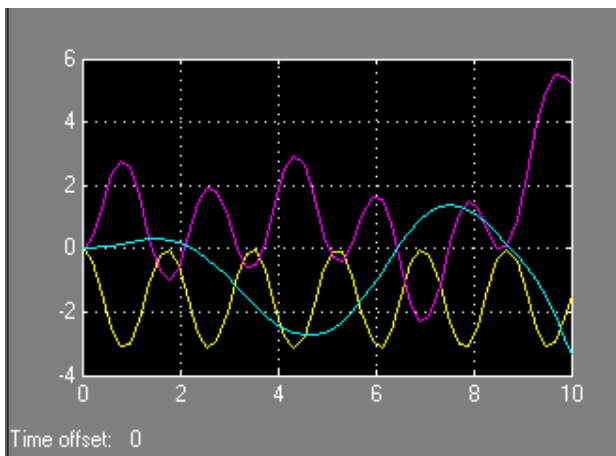


Figura 3

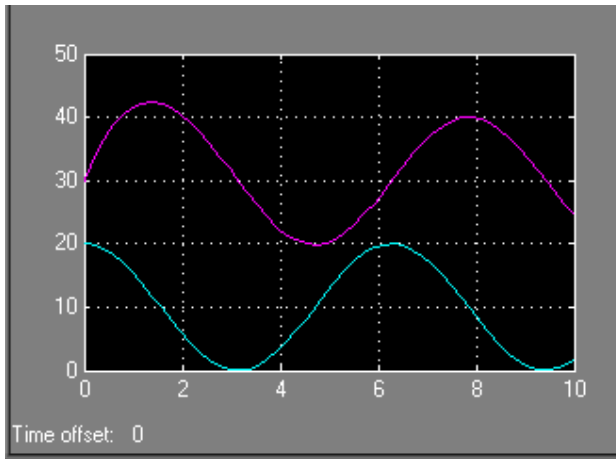


Figura 4

Dichos diagramas en bloque utilizados para el análisis fueron realizados sobre el siguiente:

