

# ROBÓTICA

## PRÁCTICA N° 6

### 1. TEMA

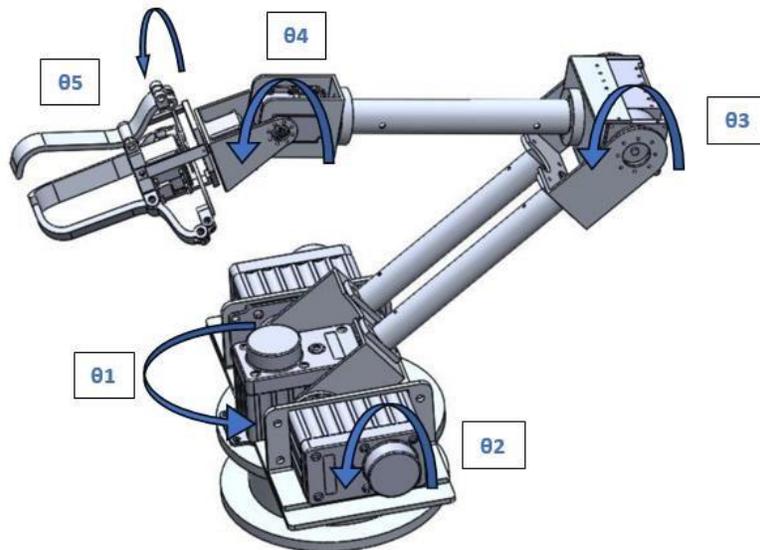
MANEJO DE UN MANIPULADOR ROBÓTICO DE 5 GDL

### 2. OBJETIVOS

- 2.1. Familiarizar al estudiante con el robot manipulador
- 2.2. Realizar el control manual del robot manipulador

### 3. MARCO TEÓRICO

Un robot antropomórfico es aquel cuya forma se asemeja a la morfología del cuerpo humano, el Robot con Arquitectura Antropomórfica de cinco grados de libertad busca específicamente ser similar a un brazo humano. Cuando se habla de grados de libertad se hace referencia a los movimientos independientes que puede realizar cada una de las articulaciones del robot que en este caso son cinco, el movimiento de las articulaciones es de tipo rotacional. En la Figura 3.1 se puede visualizar como están enumeradas las articulaciones del robot y como se realiza su movimiento.



**Figura 3.1.** Asignación del número de articulaciones y eje de rotación.

Como se ve en la Figura 3.1. el robot está conformado por siete servomotores que se encargan del movimiento de las articulaciones y de la pinza, su distribución se describe en la Tabla 3.1.

Período: 2024-B | <https://daci.epn.edu.ec/index.php/docencia/hojas-guias>

**Tabla 3.1.** Servomotores.

N° de articulación	Cantidad de motores	Modelo del motor	Ubicación	Rango de rotación	Voltaje de alimentación	Corriente
1	1	Torxis	Hombro	-90 a 90°	24 VDC	3 A
2	2	Torxis	Hombro	0 a 90°	24 VDC	3 A
3	1	Dynamixel PRO	Codo	0 a - 150°	24 VDC	1.9 A
4	1	Dynamixel MX-64R	Muñeca	0 a 180°	12 VDC	1.5 A
5	1	Dynamixel MX-28R	Muñeca	-45 a 100°	12 VDC	1.4 A

Los motores del robot requieren de dos tipos de alimentación: 12 V y 24 V. Es importante comprobar que la fuente este entregando esos voltajes antes de realizar cualquier conexión.



**Figura 3.2.** Borneras de alimentación

Como se observa en la Figura 3.2. robot cuenta con 4 borneras para conectar la alimentación de los motores. Las borneras con la letra A se conectarán al terminal positivo y las borneras con la letra B al terminal negativo de sus correspondientes alimentaciones.

Para comunicar el computador con tarjeta embebida Arduino Mega se utilizará un cable tipo USB B.

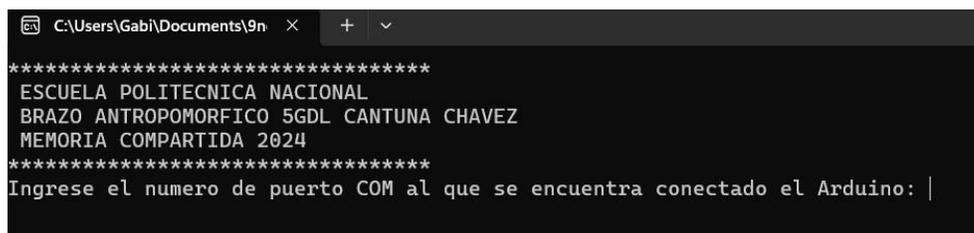
Una vez alimentados los motores y luego conectado el Arduino Mega se debe abrir el programa de la memoria compartida en Visual Studio, su nombre es: Manipulador\_Comunicacion.sln.

Para correr el programa de la memoria compartida se debe seleccionar *Depurador local de Windows* como se observa en la Figura 3.3.



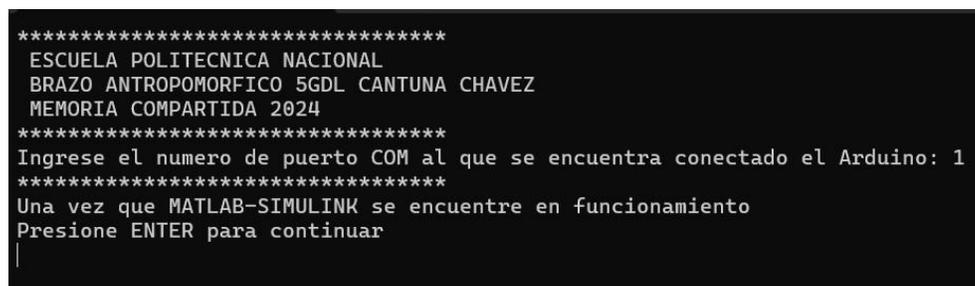
**Figura 3.3.** Depuración de la memoria compartida

Se abrirá una ventana Comand Window como se ve en la Figura 3.4. que solicitará ingresar el COM al cual se encuentra conectado el Arduino Mega el cual deberá ser COM 1.



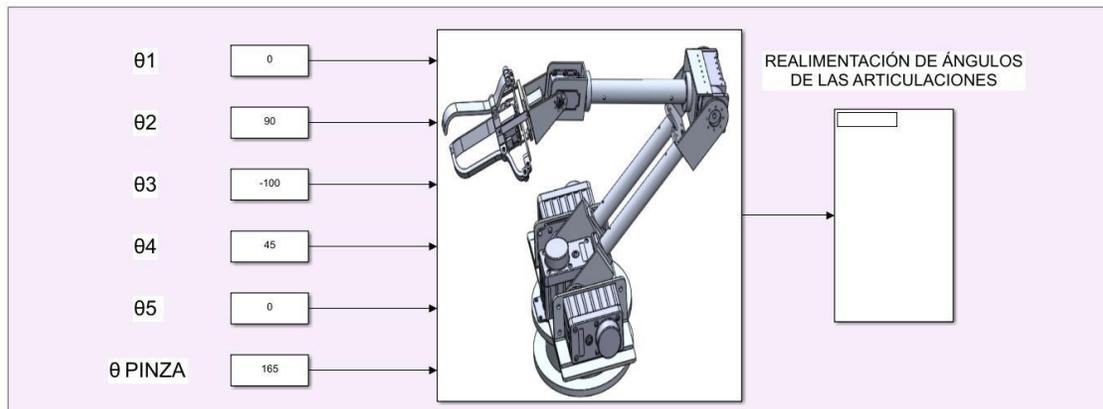
**Figura 3.4.** Elección del COM para el Arduino.

Después se solicitará correr el programa en Matlab-Simulink como se observa en la Figura 3.5. No presione ENTER todavía.



**Figura 3.5.** Ejecución de la memoria compartida en conjunto.

Se ha provisto de un HMI que permite modificar el ángulo que se desea enviar a los motores del robot de forma directa el cual se puede encontrar en el archivo CONTROL\_MOTORES\_ROBOTICA.slx y se observa en la Figura 3.6. Antes de correr el programa es importante colocar al robot en la posición inicial, esto se realiza ingresando los ángulos de las articulaciones sean  $\theta_1=0$ ;  $\theta_2=90$ ;  $\theta_3=-100$ ;  $\theta_4=45$ ;  $\theta_5=0$ ;  $\theta$  PINZA=160.



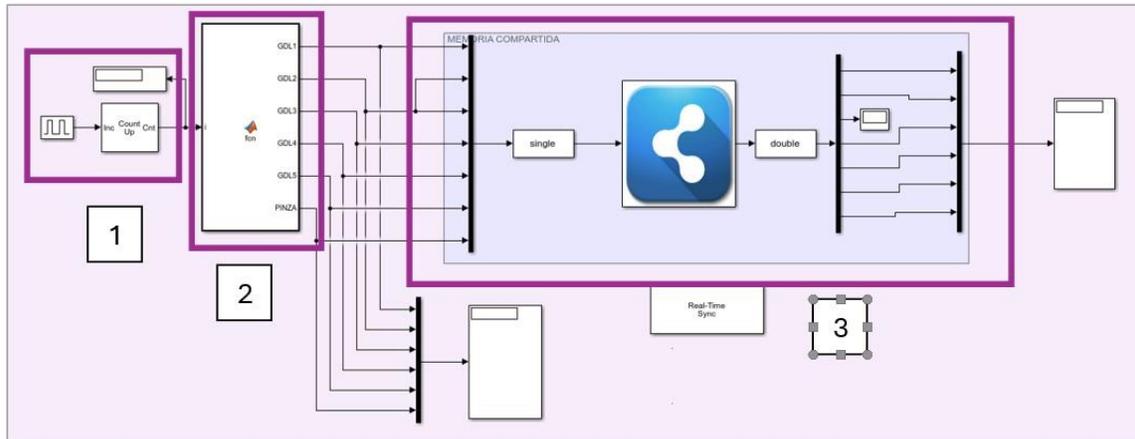
**Figura 3.6.** Interfaz control manual de los motores

Cuando el programa de Simulink se encuentre corriendo se podrá dar ENTER en la ventana de la memoria compartida y el robot se moverá a la posición ingresada en el HMI. Si se desea mover el robot se deberá variar los ángulos de sus articulaciones dando pasos pequeños para evitar accidentes.

El bloque con la imagen del robot contiene la memoria compartida que permite enlazar Matlab-Simulink con la placa Arduino Mega. En este bloque se debe ingresar los ángulos deseado de las articulaciones y devuelve la realimentación de los ángulos de los motores.

Adicionalmente, se cuenta con la interfaz de la Figura 3.7., con la cual se puede realizar el movimiento de las articulaciones desde una posición inicial hasta una posición final ingresando los ángulos de las articulaciones de las dos posiciones.

A continuación, se muestra su uso con un ejemplo, identificando cada una de las partes de la interfaz.



**Figura 3.7.** Interfaz movimiento de los motores

```

1 function [GDL1,GDL2,GDL3,GDL4,GDL5,PINZA] = fcn(i)
2 %Posición inicial
3 GDL1=0;
4 GDL2=90;
5 GDL3=-100;
6 GDL4=45;
7 GDL5=0;
8 PINZA=160;
9 |
10 if i>10
11 GDL1=0;
12 GDL2=57;
13 GDL3=-90;
14 GDL4=34;
15 GDL5=0;
16 PINZA=160;
17 end

```

**Figura 3.8.** Código MATLAB Function

Las partes de esta interfaz son:

1. Contador que crece de 0 a 240 aumentando su valor en 1 cada segundo, este valor ingresará al bloque MATLAB Function. Cuando el bloque del contador alcanza 240 se reinicia.
2. Bloque MATLAB Function: A este bloque ingresa el valor del contador y sale el ángulo deseado de las articulaciones, su código se muestra en la Figura 3.8. Cuando el valor del contador es menor a 10 se envía a los motores los ángulos  $\theta_1=0^\circ$ ;  $\theta_2=90^\circ$ ;  $\theta_3=-100^\circ$ ;  $\theta_4=45^\circ$ ;  $\theta_5=0^\circ$ ;  $\theta_{PINZA}=160^\circ$ , que colocan al robot en su posición inicial. Si el contador supera 10 se envía a los motores los ángulos  $\theta_1=0^\circ$ ;  $\theta_2=57^\circ$ ;  $\theta_3=-90^\circ$ ;  $\theta_4=34^\circ$ ;  $\theta_5=0^\circ$ ;  $\theta_{PINZA}=160^\circ$ . Con dichos ángulos el efector final del robot PIMI-14-04 se encuentra en la posición  $X=35$ ,  $Y=0$ ,  $Z=1$ .

#### 4. TRABAJO PREPARATORIO

4.1. Describa con sus palabras el concepto de cinemática directa e inversa en un manipulador robótico. Además, explique la diferencia entre ambos.

4.2. Si el efector final alcanza una posición (x,y,z) diferente a la esperada, Indique cuales son las posibles fuentes de error podrían estar afectando el cálculo cinemático?

4.2. Realice los cambios necesarios a la interfaz de usuario de la Figura 3.7, para comandar al robot con los ángulos indicados en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1.** Ángulos y posiciones deseadas.

Nº de posición	Ángulos de las articulaciones [°]	Posición que alcanzará el robot [cm]	Tiempo [s]
1	$\theta_1=0$ ; $\theta_2=57$ ; $\theta_3=-90$ ; $\theta_4=34$ ; $\theta_5=0$ ; $\theta$ PINZA =160;	X=35; Y=0; Z=1;	20
2	$\theta_1=39$ ; $\theta_2=74$ ; $\theta_3=-118$ ; $\theta_4=44$ ; $\theta_5=-$ 39; $\theta$ PINZA =160;	X=25; Y=20; Z=1;	40
3	$\theta_1=-51$ ; $\theta_2=74$ ; $\theta_3=-$ 118; $\theta_4=44$ ; $\theta_5=51$ ; $\theta$ PINZA =160;	X=20; Y=-25; Z=1;	60

#### 5. EQUIPO Y MATERIALES

##### Equipo

- Computador
- Robot PIMI-14-04.
- Fuente de 12v y 24v. □ Flexómetro.

##### Software

- Matlab-Simulink

- Visual Studio

## 6. PROCEDIMIENTO

6.1. El instructor dará una introducción acerca del control manual del robot con arquitectura antropomórfica de 5GLD y una demostración de su funcionamiento utilizando la interfaz gráfica de la Figura 6.1.



**Figura 6.1.** Interfaz gráfica para control manual.

- 6.2. El estudiante utilizará la interfaz de control manual para alcanzar los límites mecánicos de los motores con supervisión del instructor.
- 6.3. El estudiante probará la interfaz gráfica desarrollada en el trabajo preparatorio literal 4.2. y llenará los datos de la Tabla 6.1. En la tercera columna se debe ingresar los ángulos realimentados por el robot los cuales se pueden leer en la interfaz de usuario.

**Tabla 6.1.** Ángulos y posiciones medidas.

N° de posición	Ángulos enviados a las articulaciones [°]	Ángulos reales de las articulaciones [°]	Posición XYZ del efector final deseada [cm]	Posición XYZ real (medida) [cm]
1	$\theta_1=0$ $\theta_2=57$ $\theta_3=-90$ $\theta_4=34$ $\theta_5=0$ $\theta$ PINZA =160	$\theta_1=$ $\theta_2=$ $\theta_3=$ $\theta_4=$ $\theta_5= \theta$ PINZA =	$X=35;$ $Y=0;$ $Z=1;$	$X=$ $Y=$ $Z=$
2	$\theta_1=39$ $\theta_2=74$ $\theta_3=-118$ $\theta_4=44$ $\theta_5=-39$ $\theta$ PINZA =160	$\theta_1=$ $\theta_2=$ $\theta_3=$ $\theta_4=$ $\theta_5= \theta$ PINZA =	$X=25;$ $Y=20;$ $Z=1;$	$X=$ $Y=$ $Z=$

3	$\theta_1 = -51$ $\theta_2 = 74$ $\theta_3 = -118$	$\theta_1 = \theta_2 =$ $\theta_3 =$	$X = 20;$ $Y = -25;$ $Z = 1;$	$X =$ $Y =$ $Z =$
	$\theta_4 = 44$ $\theta_5 = 51$ $\theta$ PINZA = 160	$\theta_4 = \theta_5 = \theta$ PINZA =		

## 7. INFORME

- 7.1. Realizar un resumen del procedimiento para establecer la comunicación entre el robot y Matlab.
- 7.2. Presente el programa implementado y las graficas de posición del robot..
- 7.3. Realizar el cálculo de errores de ángulos respecto al punto (x,y,z). Analice y justifique los errores existentes.
- 7.4. Proponga una solución a nivel de software y de Hardware para mejorar la precisión para alcanzar el (x,y,z).
- 7.5. Diseñe un control PI (proporcional integral) para cada una de las articulaciones del manipulador PIMI-14-04. Analice la ventajas y desventajas de su implementación.
- 7.6. Conclusiones (Individuales)
- 7.7. Recomendaciones (Individuales)
- 7.8. Bibliografía

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cantuña, M. "Control manual de un robot con arquitectura antropomórfica de cinco grados de libertad", EPN. 2024.

**Elaborado por:** MSc. Diego Maldonado

**Revisado por:** Dr. Paulo Leica y Dr. Danilo Chávez