



**PROYECTO INTEGRADOR DE COMPETENCIAS I, II, III:**

**TÍTULO:**

<b>Autor 1:</b>	<b>Autor 2:</b>	<b>Autor 3:</b>
Firma:	Firma:	Firma:
<b>Docentes encargados:</b>		<b>Fecha de Entrega:</b>
Hippa R., Eguia L., Campero C., Díaz M.,		

# 1. Introducción

## 1.1. Planteamiento del problema

La enseñanza de robótica manipuladora en contextos educativos (escuelas, UTU, liceo y cursos introductorios universitarios) suele verse limitada por el alto costo, riesgos de seguridad y poca “apertura” de los equipos comerciales. Esto reduce la práctica real de manipulación, dificulta integrar contenidos de mecánica, electrónica y control, y hace inviable llevar equipos a giras didácticas.

## 1.2. Soluciones consideradas

A partir del planteamiento del problema, se evaluaron tres alternativas tecnológicas para el accionamiento del brazo. A continuación se presentan de forma breve sus características, ventajas y limitaciones principales.

- Servomotores (MG996R): Proporciona control directo por PWM, integración sencilla con microcontroladores y velocidad adecuada para demostraciones didácticas. En comparación con MG90 (insuficientes en par), los MG996R cubren el requerimiento de carga (hasta 100 g a 40 cm) con una repetibilidad aceptable. Ventajas: simplicidad, menor complejidad electrónica, buena disponibilidad y costo moderado. Consideraciones: picos de corriente, holguras propias del servo y límite de torque cerca del alcance máximo.
- Actuadores lineales tornillo—tuerca (motor DC con reductora). Ofrecen alta fuerza y buen costo, pero el mecanismo es más lento y con menor precisión sin realimentación. Requiere instrumentación adicional (encoders o potenciómetros, finales de carrera) y control más complejo para conocer el ángulo articular. Además, el juego mecánico (backlash) y la fricción pueden degradar la repetibilidad.
- Actuadores lineales con asistencia hidráulica (jeringas). Mejoran la relación fuerza—peso y permiten componentes económicos, pero añaden otra capa de complejidad: menor velocidad, histéresis, posibles fugas, purgado/cebado del circuito y mantenimiento. El diseño y control (válvulas, amortiguación) incrementan el esfuerzo de ingeniería frente a los beneficios en este contexto didáctico.

Criterio	Peso	Servo	Actuador	Hidráulico
Peso	0.10	4	3	3
Velocidad	0.20	4	2	1
Simplicidad	0.30	5	2	1
Precio	0.20	4	4	4
Fuerza	0.15	3	4	5
Libertad	0.05	5	3	3
<b>Total ponderado</b>		<b>4.20</b>	<b>2.85</b>	<b>2.50</b>

Cuadro 1: Matriz de selección de actuadores (1 = peor, 5 = mejor). Totales calculados con los pesos indicados.

## Decisión técnica

Se adopta la solución con **servomotores MG996R** por ofrecer el mejor equilibrio entre *simplicidad*, *velocidad* y *libertad de movimiento*, manteniendo el *costo* dentro del objetivo y una *fuerza* suficiente para las tareas de *pick & place* previstas. Las otras alternativas se documentan como trabajo futuro para escenarios donde la fuerza disponible sea prioritaria sobre la velocidad o la sencillez de control.

### 1.3. Solución propuesta

Un brazo robótico didáctico a escala de 4 GDL con efector intercambiable: electroimán (para piezas ferromagnéticas) y garra (para piezas no magnéticas). Estructura paramétrica cortada en MDF (3.2–10 mm), tornillería estándar y electrónica de fácil reposición. Control con ESP32/ATmega328P, modos manual/automático, GUI en Python (Tkinter/PyQt), y documentación abierta para replicación.

### 1.4. Objetivo General

Diseñar, construir y validar un brazo robótico didáctico de 4 GDL, seguro, portable y de bajo costo, con efectores electroimán/garra intercambiables, capaz de ejecutar tareas básicas de pick & place en un volumen de trabajo de hasta 50×50×50 cm.

### 1.5. Objetivos específicos

1. **Repetibilidad:**  $\leq 3\text{--}5\text{ mm}$  en el volumen útil (validado con 10 repeticiones por punto).
2. **Carga y alcance:** manipular  $\leq 100\text{ g}$  a un alcance de 40 cm con tasa de éxito  $\geq 90\%$  (10 intentos).
3. **Tiempo de ciclo:**  $pick \rightarrow place \rightarrow \text{retorno} \leq 3\text{ s}$  a 10–15 cm entre posiciones.
4. **Efector intercambiable:** cambio imán/garra en  $\leq 60\text{ s}$  sin herramientas especiales.
5. **Seguridad:** paro de emergencia, cableado protegido, tensión segura en zona de usuario; checklist previo a operación.
6. **Software:** GUI con lectura de posición, control ON/OFF del imán, modos manual/automático y cinemática inversa planar.
7. **Documentación:** manual de armado, guía docente y 5 prácticas con rúbrica (pre/post test con mejora  $\geq 20\%$ ).

- 2. Marco Teórico
- 3. Fundamentos técnico-conceptuales
  - 3.1. Materiales
- 4. Resultados
- 5. Conclusiones
- 6. Apendice