

BRAZO ROBÓTICO CON CINTA TRANSPORTADORA

PROYECTO FINAL DE ROBÓTICA

Alumno: Marcelo Rempel

Carrera: Robótica

Año: 2025

Instituto Superior de Electrónica Manuel Savio

Índice

Introducción.....	3
Marco Teórico sobre la Robótica.....	4
Objetivo.....	6
Desarrollo del proyecto.....	6
Lista de materiales y características de los componentes.....	6
Servomotor SG90.....	6
Servomotor MG996R.....	8
Módulo detector sensor infrarrojo arduino pic FC-51.....	8
Arduino UNO.....	9
Placa Pertinax.....	9
Relé JQC-3F-1C-12VDC.....	10
Diodo 1N4007.....	10
Módulo PWM Controller -15V-2A.....	10
Motor con caja reductora JGA25-370.....	11
Optoacoplador PC817A.....	12
Resistor.....	12
Bornera.....	13
Construcción del Prototipo.....	14
Brazo robótico.....	14
Placa principal.....	15
Circuito limitador de corriente del led infrarrojo del optoacoplador.....	15
Circuito de suministro de corriente para activación del relé, por medio del optoacoplador.....	16
Circuito protector de picos de tensión para el optoacoplador.....	17
Relé.....	18
Circuito reductor de voltaje para motor de 6V.....	18
Borneras.....	18
Brazo robótico.....	19
Cinta Transportadora.....	23
Conclusión.....	27
Bibliografía.....	28
ANEXO I: Esquemático, PCB y modelo 3D.....	29
ANEXO II: Circuito de Simulación.....	31
ANEXO III: Archivos gcode de impresión 3D.....	32
ANEXO IV: Código de programación.....	36
ANEXO V: Presupuesto.....	38

Introducción

En la actualidad, la robótica se ha consolidado como una de las disciplinas tecnológicas más influyentes e innovadoras del siglo XXI. Desde sus aplicaciones en la industria automotriz y manufacturera hasta su incursión en áreas como la medicina, la exploración espacial, la agricultura y la educación, los sistemas robóticos han demostrado su capacidad para transformar radicalmente la forma en que los seres humanos interactúan con su entorno. Esta expansión ha sido impulsada por el desarrollo acelerado de tecnologías como la microelectrónica, los sensores inteligentes, los sistemas de control embebido y la inteligencia artificial, que han permitido la creación de robots cada vez más precisos, autónomos y adaptables.

El concepto de robot ha evolucionado significativamente desde sus primeras representaciones en la literatura y el cine de ciencia ficción. En la actualidad, un robot puede definirse como un sistema mecatrónico programable, capaz de percibir su entorno, tomar decisiones y ejecutar acciones físicas en respuesta a dichas decisiones. Esta capacidad de interacción autónoma convierte a los robots en herramientas versátiles, aptas para asumir tareas repetitivas, peligrosas o que requieren altos niveles de precisión. Como resultado, su presencia en la sociedad se ha vuelto cada vez más común y necesaria, especialmente en contextos donde la eficiencia, la seguridad y la productividad son factores críticos.

En el ámbito educativo, la robótica ha emergido como una poderosa herramienta pedagógica. La incorporación de robots en entornos escolares y universitarios no sólo motiva a los estudiantes a interesarse por la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM), sino que también promueve habilidades clave como el pensamiento lógico, la creatividad, el trabajo en equipo y la resolución de problemas. La robótica educativa permite a los estudiantes experimentar de manera práctica conceptos abstractos mediante la construcción y programación de dispositivos físicos que interactúan con el mundo real. Esta metodología de aprendizaje activo facilita una comprensión más profunda de fenómenos tecnológicos y científicos fundamentales para la formación de futuros profesionales.

En este contexto, el presente trabajo de tesis se centra en el diseño y desarrollo de un sistema robótico orientado al aprendizaje, integrando componentes como microcontroladores, servomotores, sensores y algoritmos de control, con el objetivo de crear una plataforma accesible, funcional y didáctica. El proyecto se presenta como una propuesta educativa que busca proporcionar una base sólida en los principios de la robótica, fomentando el interés de los estudiantes por la ingeniería y la tecnología, así como su capacidad para diseñar, construir y comprender sistemas automatizados.

La elección de componentes accesibles y ampliamente utilizados —como la plataforma Arduino y servomotores estándar— responde a la necesidad de desarrollar una solución de bajo costo y fácil implementación, que pueda reproducirse en distintos entornos académicos sin requerir recursos excesivos. Además, el sistema se concibe con un enfoque modular y escalable, lo cual permite adaptarlo a diferentes niveles de complejidad y áreas del conocimiento, desde la simple programación de movimientos hasta la incorporación de sistemas avanzados de percepción y control.

Marco Teórico sobre la Robótica

La robótica es un campo multidisciplinario que integra conocimientos de ingeniería mecánica, electrónica, informática e inteligencia artificial. Su propósito es diseñar y construir máquinas capaces de realizar tareas de forma autónoma o semiautónoma. Estas máquinas, denominadas robots, están destinadas a facilitar, automatizar o reemplazar tareas humanas, especialmente aquellas que son repetitivas, peligrosas o requieren alta precisión.

El término "robot" proviene del checo "robota", que significa trabajo forzado o servidumbre. A lo largo del tiempo, los robots han pasado de ser conceptos de la ciencia ficción a convertirse en elementos clave en la industria, el hogar, la medicina, y otros sectores.

Los primeros antecedentes de la robótica pueden rastrearse hasta la antigüedad, con dispositivos mecánicos diseñados para simular movimientos humanos o animales. Durante la Edad Media y el Renacimiento, se desarrollaron autómatas con funciones decorativas o recreativas.

El verdadero avance de la robótica se dio en el siglo XX, con la invención del primer robot industrial programable. Este hito marcó el inicio de una revolución en la automatización de procesos industriales. Desde entonces, la robótica ha avanzado en paralelo con el desarrollo de la electrónica, la computación y la inteligencia artificial, incorporando capacidades como el aprendizaje automático, la visión por computadora y el reconocimiento de voz.

Un robot es una máquina capaz de percibir su entorno mediante sensores, procesar información y ejecutar acciones físicas a través de actuadores. Puede estar programado para realizar tareas específicas o ser capaz de adaptarse a distintas situaciones a través de algoritmos inteligentes.

Las principales características que definen a un robot son:

- autonomía para ejecutar tareas sin supervisión constante
- programabilidad para modificar su comportamiento
- interacción con el entorno a través de sensores y actuadores
- capacidad para realizar tareas físicas o lógicas

Los robots pueden clasificarse según distintos criterios. Según su función, pueden ser industriales (utilizados en manufactura), de servicio (empleados en medicina, educación o seguridad), militares (aplicados en defensa) o domésticos (para limpieza o asistencia). Según su forma, pueden ser móviles, manipuladores, humanoides o zoomórficos. También se clasifican por su nivel de autonomía: teleoperados, semiautónomos y autónomos.

Los componentes fundamentales de un robot incluyen su estructura mecánica, actuadores para el movimiento, sensores para la percepción, un sistema de control que procesa la información y una fuente de energía que mantiene en funcionamiento al sistema. Además, cuentan con software que define sus comportamientos, decisiones y estrategias de ejecución.

La inteligencia artificial ha revolucionado la robótica, permitiendo a los robots aprender de la experiencia, reconocer patrones y tomar decisiones complejas. Gracias a técnicas como el aprendizaje automático, los robots pueden adaptarse a nuevas situaciones y optimizar su desempeño con el tiempo. Los sistemas actuales integran visión por computadora, procesamiento del lenguaje natural, razonamiento lógico y planificación autónoma. Esto les permite interactuar con humanos, navegar entornos complejos y ejecutar tareas sin una programación rígida.

La robótica tiene presencia en múltiples sectores. En la industria, automatiza procesos productivos. En la medicina, permite realizar cirugías de alta precisión, rehabilitación y asistencia a personas con discapacidad. En la agricultura, ayuda con la siembra y cosecha automatizada. En la educación, se emplea para la enseñanza de habilidades tecnológicas. También tiene usos en exploración espacial, seguridad, defensa y aplicaciones domésticas.

El crecimiento de la robótica plantea importantes desafíos sociales y éticos. Uno de los principales es la sustitución de trabajadores humanos por sistemas automatizados, lo que puede afectar el empleo en ciertos sectores. También se deben considerar cuestiones como la privacidad, la seguridad, la responsabilidad legal en caso de fallos y el uso de robots en entornos bélicos. El desarrollo de marcos regulatorios y principios éticos es fundamental para asegurar que la robótica beneficie a la sociedad de forma justa, inclusiva y sostenible.

El futuro de la robótica se dirige hacia sistemas más inteligentes, colaborativos y adaptativos. Algunas de las tendencias emergentes incluyen los robots colaborativos (cobots), la robótica blanda inspirada en organismos vivos, los robots sociales diseñados para interactuar emocionalmente, y los robots conectados a la nube capaces de compartir información en tiempo real. Estas tecnologías transformarán profundamente los modos de vida, aprendizaje y trabajo en las próximas décadas.



Robots en la industria automotriz



Robots en la medicina



Robots en la industria alimenticia

Objetivo

El objetivo principal fue crear una plataforma didáctica, de bajo costo y fácil replicación, que permita a estudiantes y docentes explorar conceptos fundamentales de la robótica y la automatización industrial.

Desarrollo del proyecto

El desarrollo del presente proyecto se enfocó en el diseño, construcción y programación de un sistema robótico educativo, compuesto por un brazo robótico controlado mediante un microcontrolador Arduino UNO, sensores de obstáculos y una cinta transportadora automatizada.

Durante esta etapa se abordaron distintas fases: selección y ensamblado de componentes electrónicos y mecánicos, implementación de la lógica de control, integración de sensores y actuadores, y desarrollo del código de programación necesario para coordinar el funcionamiento del sistema. Asimismo, se priorizó un diseño modular que facilite su comprensión, modificación y ampliación para futuras prácticas educativas.

Lista de materiales y características de los componentes

Servomotor SG90

Se seleccionó el servomotor SG90 debido a que el diseño del brazo robótico incluye tres alojamientos específicos para este modelo. Si bien el SG90 no está diseñado para levantar cargas pesadas, es ideal para movimientos de precisión en partes que requieren menor esfuerzo mecánico.

Características principales:

- Torque de parada (stall torque): 1.8 kgf·cm
- Velocidad de operación: 0.1 s/60°
- Voltaje de operación: 4.8 V (~5 V)

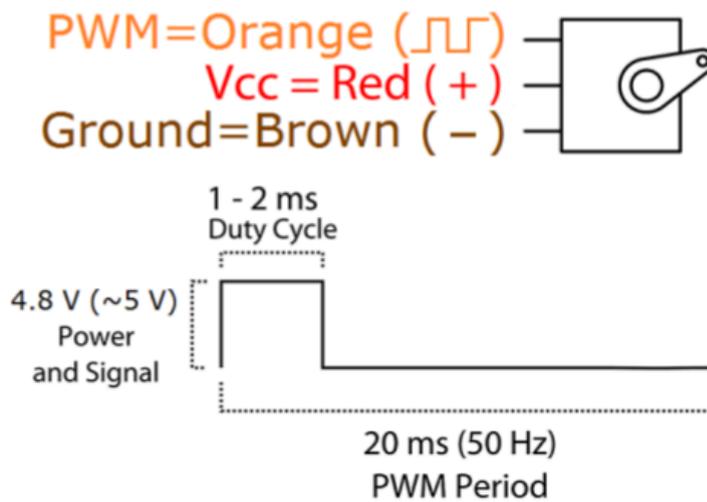


Figura 1.0

Servomotor MG996R

Se seleccionó el servomotor modelo MG996R debido a que el diseño del brazo robótico está estructurado específicamente para alojar este tipo de servo. Además, el MG996R ofrece una mayor capacidad de torque, lo que le permite levantar cargas superiores en comparación con modelos más pequeños, como el SG90, que no sería adecuado para esta aplicación.

Características principales:

- **Torque de parada (stall):** 9.4 kgf·cm (a 4.8 V), 11 kgf·cm (a 6 V)
- **Velocidad de operación:** 0.17 s/60° (a 4.8 V), 0.14 s/60° (a 6 V)
- **Voltaje de funcionamiento:** de 4.8 V a 7.2 V
- **Corriente de funcionamiento:** 500 mA – 900 mA (a 6 V)



Figura 1.1 Servomotor MG996R

Módulo detector sensor infrarrojo arduino pic FC-51

La incorporación de un sensor de obstáculos tiene como objetivo **automatizar la detección de objetos**. Esta funcionalidad permite que el sistema identifique con precisión el momento en que una pieza llega a una posición específica, como por ejemplo, el área de recogida del brazo robótico.



Figura 1.2 Sensor de obstáculos infrarrojo FC-51

Arduino UNO

Para el desarrollo del proyecto de un brazo robótico educativo con una cinta transportadora, se eligió la **placa Arduino Uno** como unidad de control principal debido a las siguientes razones:

- costo accesible
- simplicidad y facilidad de uso
- suficiente cantidad de pines de E/S



Figura 1.3 Placa Arduino UNO

Placa Pertinax

Para la construcción de la placa de control del brazo y cinta transportadora se utilizó una placa pertinax de 10cm x 10cm.

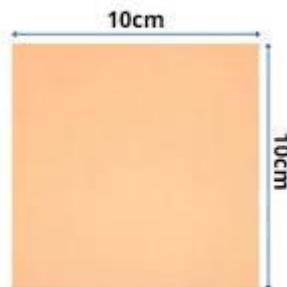


Figura 1.4 Placa pertinax

Relé JQC-3F-1C-12VDC

Para la construcción del proyecto se utilizó un relé de 12v para el control de motor de la cinta transportadora con las siguientes características técnicas:

- aislamiento eléctrico entre el Arduino y el motor
- capacidad para manejar la corriente del motor
- simplicidad en la implementación



Figura 1.5 Relé

Diodo 1N4007

Se implementó un diodo en la placa de control de la cinta transportadora, con las siguientes características:

- 1 Amper de corriente máxima y 1000V de tensión inversa



Figura 1.6 diodo 1N4007

Módulo PWM Controller -15V-2A

Para el control de velocidad del motor de la cinta transportadora se implementó un módulo de control PWM, con las siguientes características:

- control eficiente de velocidad sin pérdida significativa de potencia
- la modulación por ancho de pulso permite ajustar la velocidad del motor variando el ciclo de trabajo de la señal
- simplicidad de implementación con Arduino
- mejor desempeño en carga variable
- evita ruidos eléctricos y calentamiento excesivo



Figura 1.7 módulo PWM

Motor con caja reductora JGA25-370

Para el accionamiento de la cinta se adquirió un motor con caja reductora de 6V y 280 RPM, con las siguientes características

- reducción de velocidad con aumento de torque
- control más preciso del movimiento
- mayor eficiencia en aplicaciones con carga constante
- disminución del consumo de corriente



Figura 1.8 Motor con caja reductora

Optoacoplador PC817A

En el diseño del sistema electrónico del brazo robótico con cinta transportadora se utilizó un optoacoplador con el fin de aislar eléctricamente la parte de potencia, de la parte de lógica.



Figura 1.9 Optoacoplador PC817A

Resistor

Se incluyeron en la placa de control:

- 1 resistor de metalfilm de 120 ohm x 2w
- 3 resistores cerámicos de 4,7 ohm x 5w cada uno



Figura 2.0 Resistor de 4.7ohm x 5w y Resistor metalfilm 120 ohm x 2w

Bornera

Se utilizaron 10 borneras de 2 pines cada una en la placa de control:



Figura 2.1 Bornera

Construcción del Prototipo

El **brazo robótico** fue diseñado para tener seis grados de libertad (6DOF), utilizando un total de seis servomotores: tres servos SG90 y tres servos MG996R. Esta combinación permite realizar movimientos de rotación, elevación y sujeción de forma coordinada. Los servomotores más pequeños (SG90) fueron utilizados en las articulaciones que requieren menor torque, mientras que los MG996R se emplearon en las partes que demandan mayor fuerza, como la base o el actuador principal.

El ensamblaje del brazo no requirió el uso de rodamientos, ya que los propios servos proporcionan el movimiento en cada eje. Las piezas fueron unidas mediante tornillos y tuercas, y se utilizó una pinza final (gripper) también impresa en 3D para manipular objetos livianos.

Para el control del brazo se utilizó una placa Arduino Uno, programada mediante el entorno Arduino IDE. Se implementaron rutinas de control básicas que permiten mover el brazo a posiciones predefinidas. El control de los servomotores se realiza utilizando señales PWM (modulación por ancho de pulso) generadas desde el Arduino, alimentado por una fuente externa de 5V y 2A, para evitar sobrecargas en la placa.

El movimiento de la cinta es impulsado por un motor DC de 6V, alimentado por una fuente regulada, y su velocidad puede ser ajustada mediante un potenciómetro o control PWM.

Para el control automático de la cinta se incorporó un sensor de obstáculos (tipo infrarrojo) al final del recorrido. Cuando un objeto llega al final de la cinta, el sensor lo detecta y envía una señal de cero lógico simultáneamente al optoacoplador PC817A y al Arduino Uno. El optoacoplador, al activarse, conmuta un relé simple inversor que detiene el motor de la cinta transportadora. Al mismo tiempo, el Arduino recibe la señal y ejecuta una rutina programada que acciona el brazo robótico para recoger el objeto detectado.

La **placa principal** se encarga de recibir los voltajes correspondientes, y distribuirlos a los servos del brazo, motor de la cinta y al sensor de obstáculos, además de controlar el encendido y apagado del motor de la cinta.

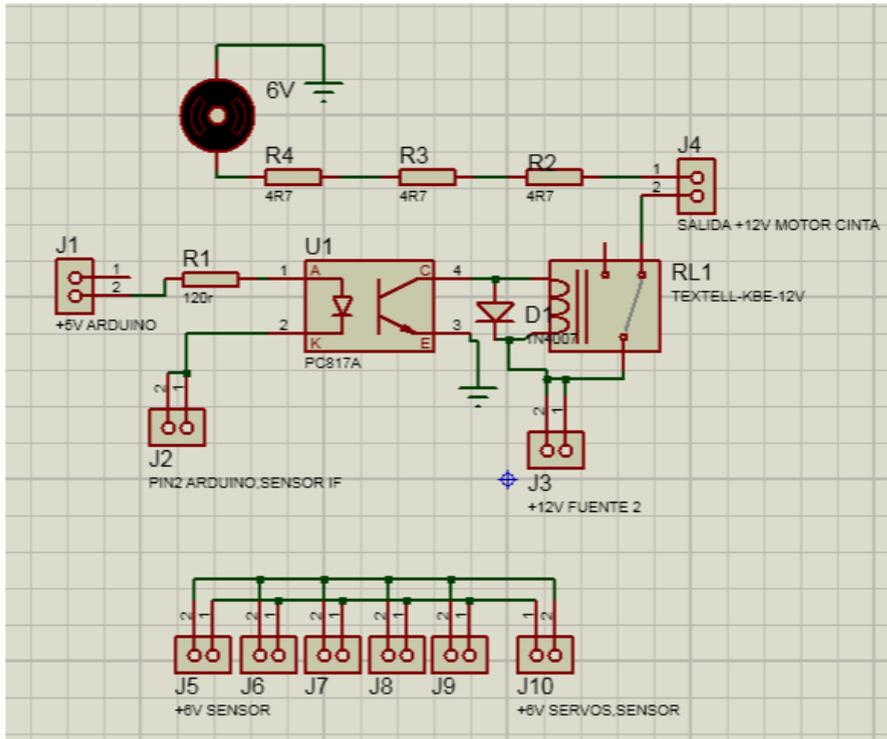


Figura 2.2

Figura.2.2 Circuito esquemático placa de alimentación y control, servos, sensor de obstáculos y motor cinta transportadora.

Circuito limitador de corriente del led infrarrojo del optoacoplador

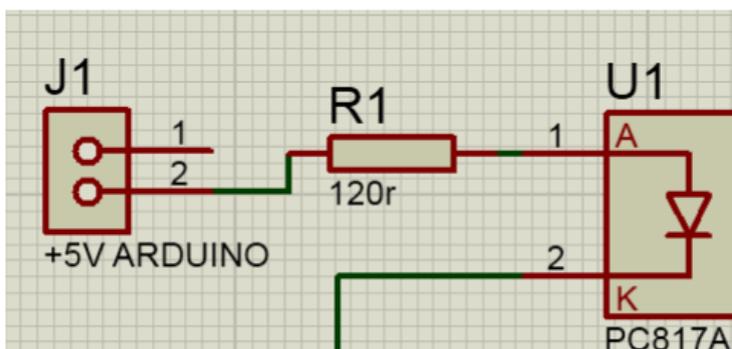


Figura 2.3

Figura 2.3 Para limitar la corriente que circula por el LED del optoacoplador PC817A, se utilizó un resistor de 120 ohmios. Este valor se calculó aplicando la Ley de Ohm, considerando una tensión de fuente de 5 V proporcionada por el Arduino, una caída de tensión típica de 1,2 V en el LED del optoacoplador y una corriente deseada de 30 mA.

$$R = (5V - 1.2V) / 0.03A = 126.66 \text{ ohmios}$$

El valor comercial más próximo utilizado fue 120 ohmios, lo cual resulta en una corriente segura de aproximadamente 31.6 mA.

Circuito de suministro de corriente para activación del relé, por medio del optoacoplador

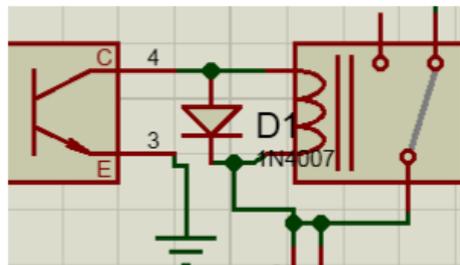


Figura 2.4

Figura 2.4 En esta parte del circuito, el optoacoplador proporciona la corriente necesaria para el accionamiento de la bobina del relé, la cual es de aproximadamente 30 mA. Esta corriente se calcula considerando un parámetro llamado **CTR** (*Current Transfer Ratio*), que es equivalente al **hFE** en los transistores bipolares. El CTR indica la relación entre la corriente que circula por el diodo emisor del optoacoplador y la corriente que se obtiene en el colector. Según la hoja de datos del PC817A, el CTR puede variar entre un mínimo del 80 % y un máximo del 160 %.

Model No.	Rank mark	CTR (%)
PC817A	A	80 to 160
PC817B	B	130 to 260
PC817C	C	200 to 400
PC817D	D	300 to 600
PC8@7AB	A or B	80 to 260
PC8@7BC	B or C	130 to 400
PC8@7CD	C or D	200 to 600
PC8@7AC	A, B or C	80 to 400
PC8@7BD	B, C or D	130 to 600
PC8@7AD	A, B, C or D	80 to 600
PC8@7	A, B, C, D or No mark	50 to 600

@ : 1 or 2 or 3 or 4

Figura 2.5

Tabla CTR según terminación de letra para el PC817XX

Se toma como ejemplo un CTR de un 95%, a continuación se detallan los cálculos.

Datos:

- tensión de entrada al led 5v
- resistencia limitadora del led 120 ohms
- caída de tensión en el led 1.2V del PC817
- resistencia de la bobina del relé 400 ohms
- tensión de alimentación del relé 12V

Corriente a través del LED del optoacoplador (I_{LED}):

$$I_{LED} = (V_{in} - V_f) / R = (5V - 1.2V) / 120\Omega = 3.8V / 120\Omega \approx 31.7mA$$

Corriente necesaria para activar la bobina del relé (I_{relé}):

$$I_{relé} = 12V / 400\Omega = 30mA$$

CTR mínimo requerido del optoacoplador:

$$CTR_{mínimo} = (I_{relé} / I_{LED}) \times 100 = (30mA / 31.7mA) \times 100 \approx 94.6\%$$

Circuito protector de picos de tensión para el optoacoplador

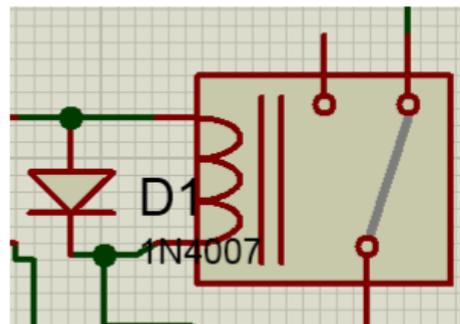


Figura 2.6

Se implementó el uso de un diodo 1N4007, en paralelo con la bobina del relé, para absorber los picos de tensión que genera la misma al momento de su desconexión. Dado que aquellos pueden ser dañinos para el optoacoplador, ya que superan la tensión soportable entre colector y emisor.

Relé

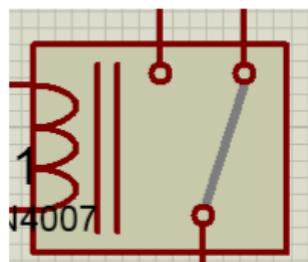


Figura 2.7

Se incorporó un relé en la placa de control para habilitar o interrumpir la alimentación del motor de la cinta transportadora, permitiendo así su arranque y parada. Esto se debe a que no es posible controlar directamente el motor desde el optoacoplador, ya que no entrega la corriente suficiente.

Este tipo de relé posee cinco contactos: dos de ellos corresponden a la bobina, la cual es energizada a través del transistor del optoacoplador. Los otros tres contactos son el común (COM), el normalmente cerrado (NC) y el normalmente abierto (NO). Dependiendo de la posición del contacto, el motor se energiza o no.

La ventaja de utilizar un relé radica en su facilidad de uso y en su capacidad para manejar cargas elevadas mediante una señal de control de baja corriente.

Circuito reductor de voltaje para motor de 6V

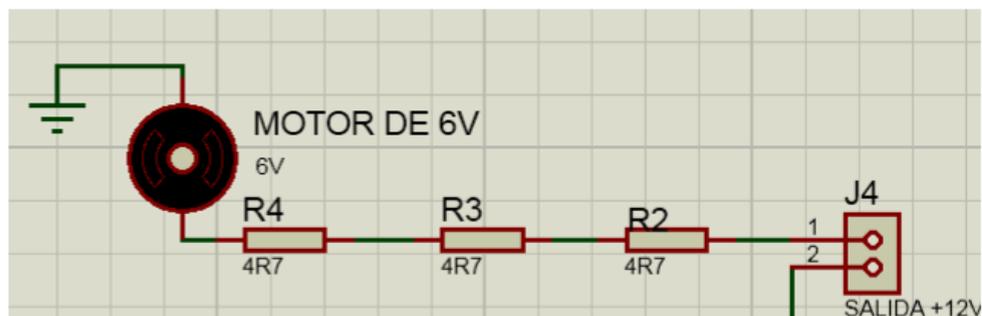


Figura 2.8

Como se aprecia en la figura 2.8, se han incluido 3 resistores de 4.7ohms para reducir los 12V provenientes de la bornera J4; y así obtener los 6V correspondientes necesarios para hacer funcionar el motor correctamente. En el ANEXO II se detalla la explicación completa con sus cálculos correspondientes.

Borneras

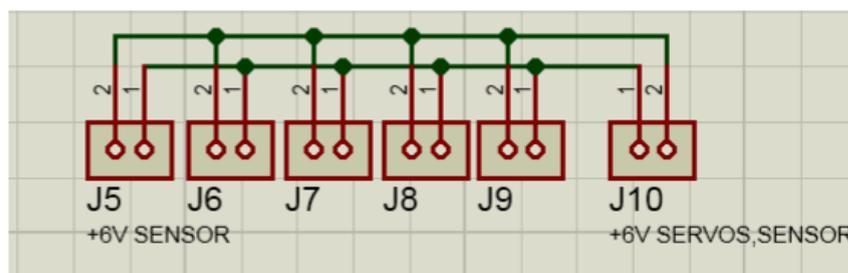


Figura 2.9

En la figura 2.9 se muestran las borneras de conexión de alimentación de servos y sensor de obstáculos.

Brazo robótico

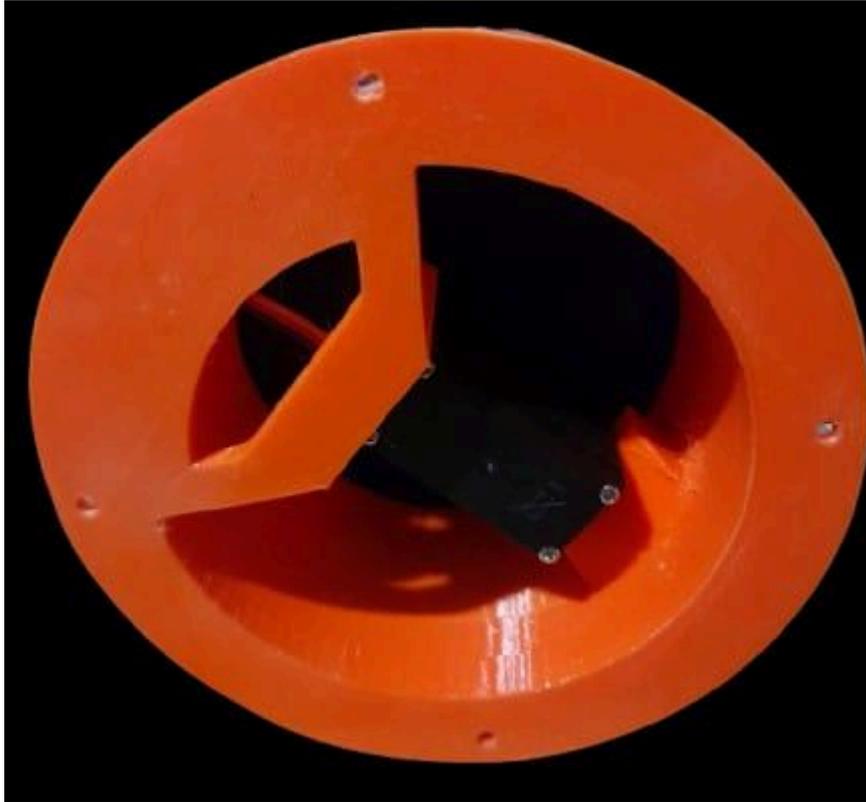


Figura 3.0 base

Como se aprecia en la figura 3.0 se utilizó un servo MG996R en la base del brazo, que es el que soporta toda la estructura. Este tipo de servo es de 180° y tiene un torque superior, comparado con los servos SG90, utilizados en las extremidades superiores del brazo. Y su ángulo de rotación es de 0° a 95°.

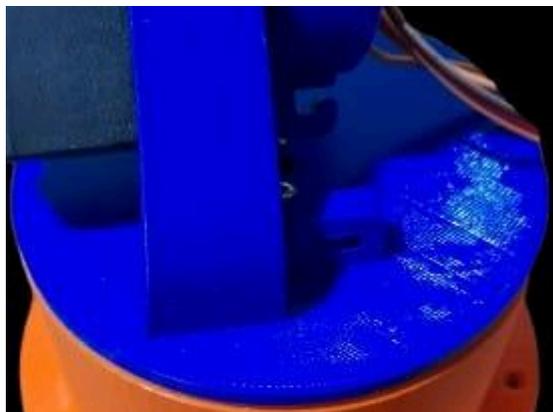


Figura 3.1 hombro

En la figura 3.1 se muestra el hombro, el cual también contiene un servomotor MG996R. Este está conectado en su extremo al antebrazo, al cual le proporciona el movimiento angular necesario para subir o bajar el brazo, según lo programado.



Figura 3.2 antebrazo

Como se muestra en la figura 3.2 el antebrazo, tiene conectado en su extremidad superior un servo MG996R, que le da también el movimiento angular programado.



Figura 3.3 brazo

La función del brazo es sostener y conectar la muñeca con el resto de la estructura. En su interior incorpora un servomotor SG90, cuya función es proporcionar la rotación necesaria a la muñeca.



Figura 3.4 muñeca

Como se observa en la figura 3.4, la muñeca del brazo aporta el movimiento de rotación, lo que permite orientar un objeto correctamente antes de soltarlo o agarrarlo. Además, posibilita realizar movimientos más precisos, que no serían posibles utilizando únicamente el hombro, el brazo y el antebrazo.

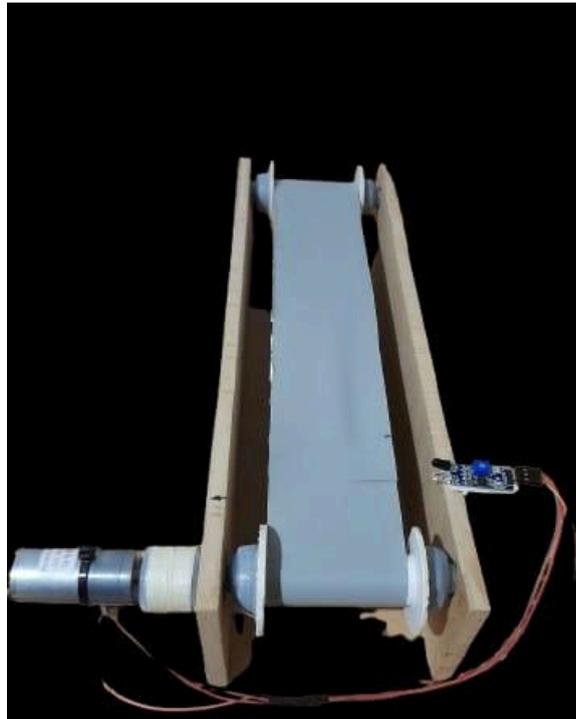
En su extremidad, la muñeca incorpora un servomotor SG90, cuya función es mover la pinza hacia arriba o hacia abajo. A su vez, la pinza cuenta con otro servomotor, encargado de abrir y cerrar sus extremos para agarrar o soltar objetos.



Figura 3.5 pinza

Cinta Transportadora

Una cinta transportadora es un sistema mecánico utilizado para mover materiales o productos de un lugar a otro de manera continua y eficiente. Está compuesta principalmente por una banda o correa (que puede ser de caucho, PVC, tela, metal u otros materiales) que se desliza sobre rodillos o una superficie plana, impulsada por un motor.



La estructura de la cinta transportadora fue construida en fibrofácil, utilizando una placa de 30 × 40 cm. Esta fue cortada para formar los laterales de la cinta, cada uno con una altura de 7,5 cm.



Fibrofácil

Luego se le hicieron 4 perforaciones de 19 mm, para el alojamiento de 4 rodamientos.



Rodamiento

Se utilizó también una varilla roscada de 6 mm de diámetro para hacer los 2 ejes de la cinta, de 12 cm cada uno.



Varilla roscada

También se reutilizaron dos carretes de alambre de cobre en desuso, los cuales fueron adaptados para construir los dos rodillos sobre los que se desplaza la banda de la cinta transportadora.



Carrete

Además se emplearon tapas de gaseosa para centrar la varilla roscada con los carretes que en conjunto forman el rodillo.



Tapas de gaseosa

Para las varillas roscadas se implementaron tuercas de 6 mm, que tienen la función de fijar los ejes de la cinta.



Tuerca 6mm

Para hacer funcionar la cinta se incorporó un motor con caja reductora de 6V y 280 RPM, que es controlado por medio de un optoacoplador PC817A y un Relé simple inversor; y también se usó un sensor de obstáculos en el final de la cinta que da la orden al optoacoplador para encender o apagar el motor.

El conjunto funciona de la siguiente manera: una vez energizado, el motor de la cinta comienza a funcionar hasta que el sensor de obstáculos detecta la presencia de un objeto. En condiciones normales (sin obstrucción), el sensor mantiene su salida en un nivel lógico alto (1 lógico). Cuando un objeto bloquea el sensor, su salida cambia a un nivel lógico bajo (0 lógico).

Este sensor está compuesto por dos fotodiodos: un emisor y un receptor. El emisor emite un haz de luz infrarroja, que al encontrar un objeto, rebota y es recibido por el fotodiodo receptor. Esta detección genera una señal de 0 lógico que se envía al cátodo del diodo infrarrojo del optoacoplador PC817A. Como su ánodo está conectado a +5V proveniente de la placa Arduino, el diodo queda polarizado directamente y comienza a conducir.

Cuando esto ocurre, el diodo interno del optoacoplador emite un haz infrarrojo que activa el transistor interno. Debido a la relación de transferencia conocida como CTR (*Current Transfer Ratio*), el transistor entra en saturación, lo que permite comandar el relé. El relé entonces cambia su estado, desenergizando el motor.

Cuando no hay obstáculos bloqueando el sensor, su salida vuelve a estar en 1 lógico. En esta condición, el diodo del optoacoplador tiene +5 V tanto en ánodo como en cátodo, por lo que no conduce. El transistor interno del optoacoplador entra en corte, el relé se desactiva y el motor vuelve a estar alimentado, reiniciando el ciclo hasta que se detecte nuevamente un obstáculo.

Conclusión

Con este proyecto del brazo robótico con cinta transportadora pude aplicar muchos de los conocimientos que fui aprendiendo a lo largo de mi formación. Me sirvió para entender mejor cómo se relacionan la electrónica, la programación y la mecánica; y cómo todo eso se puede integrar para crear un sistema automatizado que funcione de verdad.

Durante el desarrollo, trabajé con Arduino, servomotores y sensores, y eso me ayudó a reforzar temas como el control de movimiento, la lectura de señales y el diseño de sistemas embebidos. Además, me di cuenta de lo importante que es planificar bien y resolver problemas que van surgiendo en la práctica, algo que no siempre se ve en la teoría.

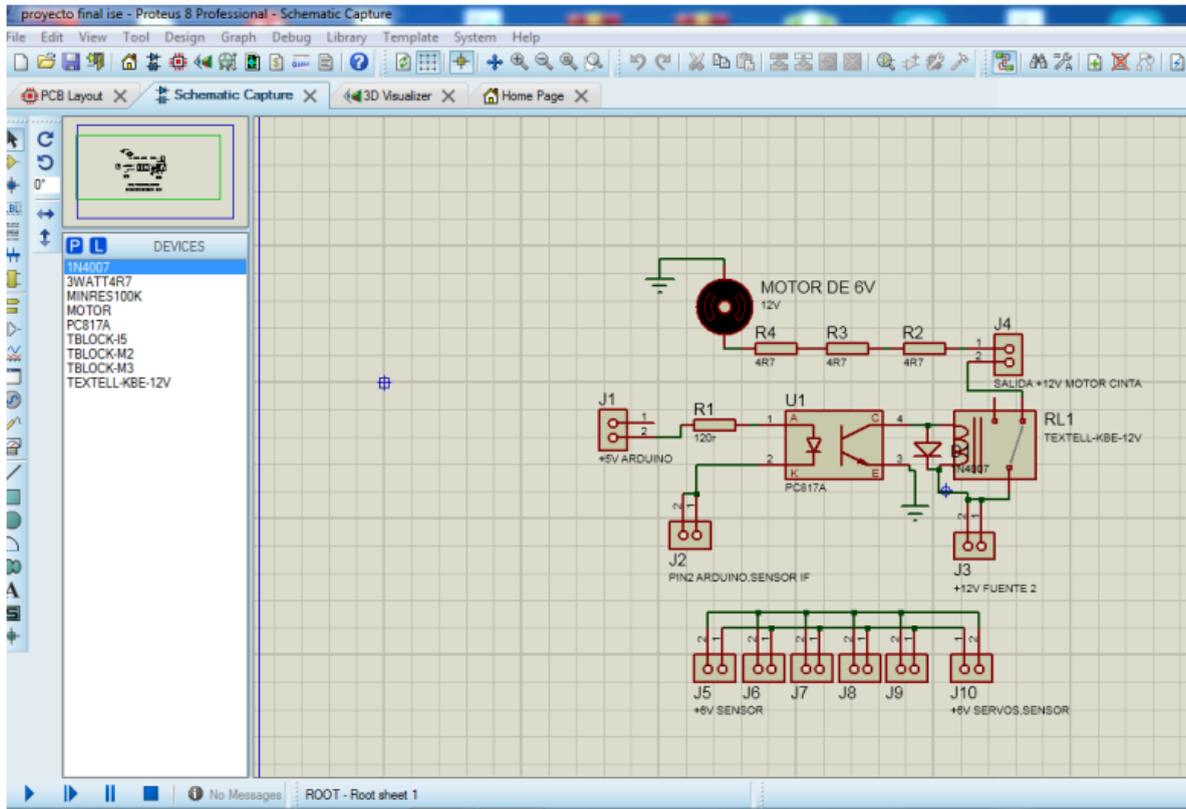
Siento que este brazo robótico no solo cumple una función técnica, sino que también puede ser una muy buena herramienta educativa. Es ideal para que otros estudiantes puedan aprender experimentando, probando y modificando cosas por su cuenta. Incluso se puede mejorar o ampliar para seguir aprendiendo más.

En resumen, este proyecto fue una experiencia muy enriquecedora. Me ayudó a crecer como estudiante y como futuro profesional, y me dio una base sólida para seguir explorando el mundo de la robótica y la automatización.

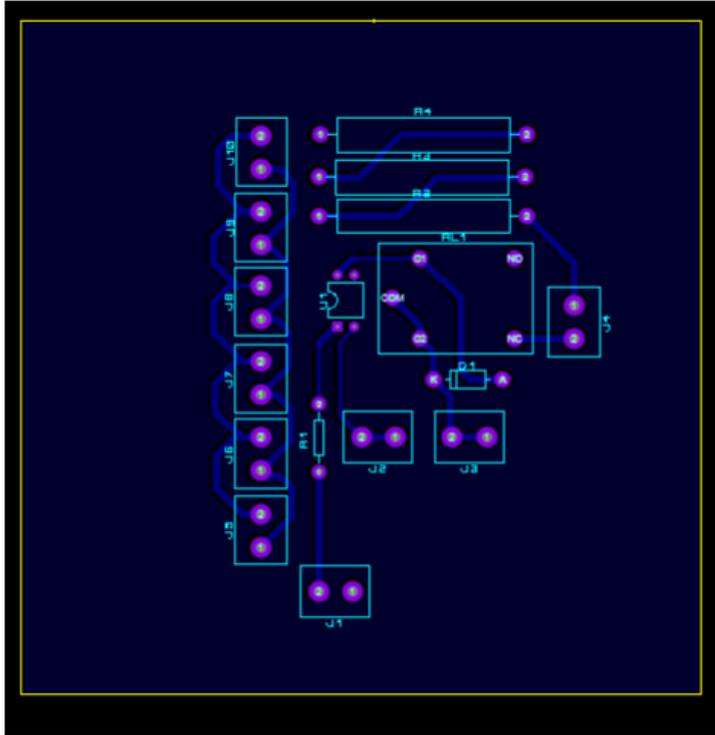
Bibliografía

- PC817A
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/43370/SHARP/PC817A.html>
- 1N4007
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/725223/ONSEMI/1N4007.html>
- RELÉ JQC-3F-1C-12VDC
<https://www.napad.pl/produkty-1766-12414-jqc-3f-1c-12vdc-przekaznik>
- RESISTOR 120 OHM METALFIM 2W
<https://www.alldatasheet.com/html-pdf/228359/ETC2/PR01/93/1/PR01.html>
- BORNERA
<https://electronilab.co/tienda/terminal-bornera-2p-7-62mm/>
- MOTOR CON CAJA REDUCTORA JGA25-370
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1567334/ETC2/JGA25-370.html>
- SENSOR DE OBSTÁCULOS FC-51
<https://agelectronica.lat › pdfs › textos › OKY3127 PDF>
- MÓDULO PWM -15V-2A
https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1125546763-pwm-control-de-velocidad-para-motores-dc-regulador-5v-35v-5a-_JM
- BRAZO ROBÓTICO ARCHIVOS STL
<https://www.mediafire.com/file/lz402b...>
- SERVO SG90
https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Sg90%20datasheet&gad_source=1&gad_campaignid=1437346752&gbraid=0AAAAADcdDU8b_tYE1WrXGvpGvkhEXGIX&gclid=CjwKCAjwsZPDBhBWEiwADuO6y7T7wQz6eY2D8URtpNZHufXLYE8JB6tYglqKGCa19TfWFEoRR9ZaEBoCCgsQAvD_BwE
- SERVO MG996R
https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Mg996r%20datasheet&gad_source=1&gad_campaignid=1437346752&gbraid=0AAAAADcdDU8b_tYE1WrXGvpGvkhEXGIX&gclid=CjwKCAjwsZPDBhBWEiwADuO6y_x4Cp2L83Tnpq-udSumc1YRTipx5YQ6ZteC6SIS6wdtAYcEgTxfBBoCwzoQAvD_BwE

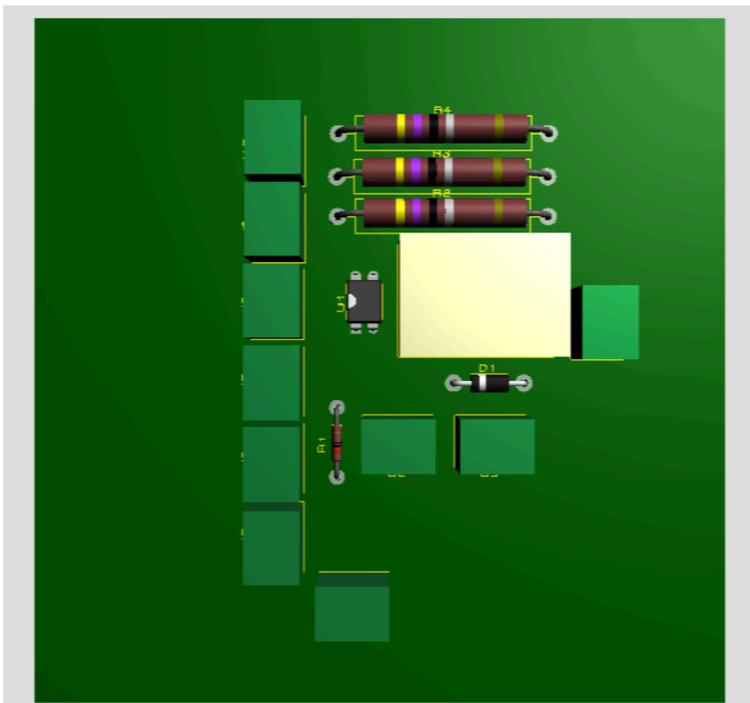
ANEXO I: Esquemático, PCB y modelo 3D



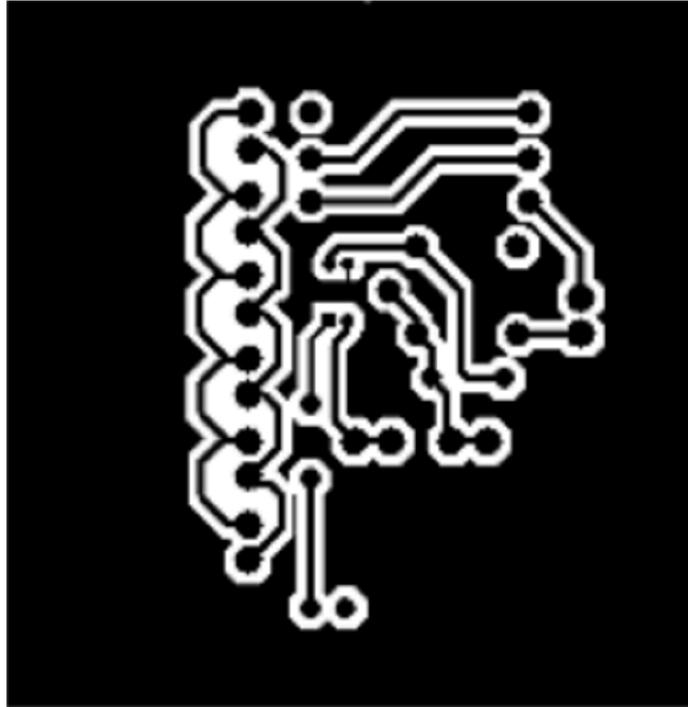
Circuito esquemático Proteus



PCB

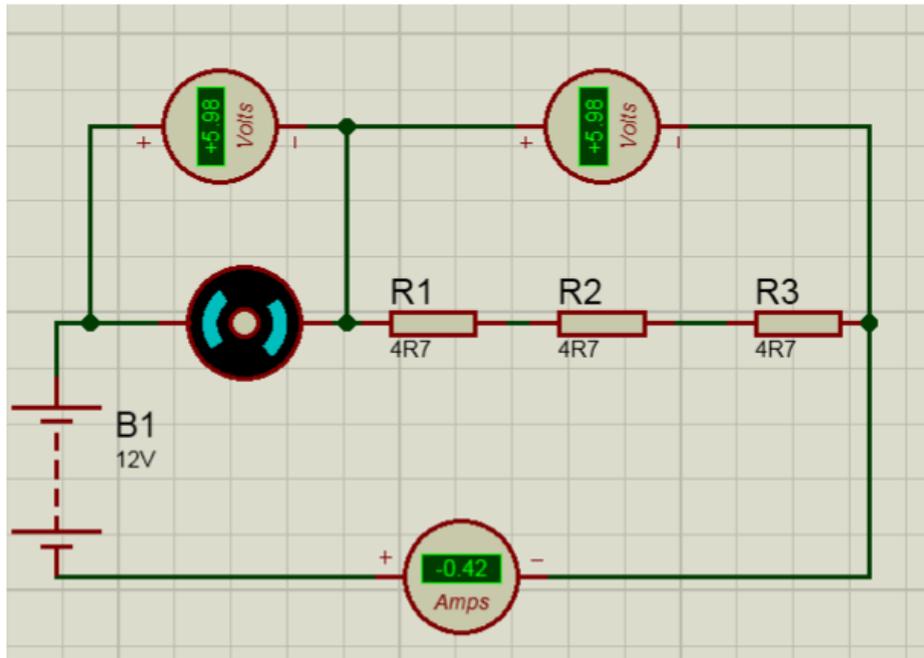


PCB modelado 3D



PCB lado cobre

ANEXO II: Circuito de Simulación



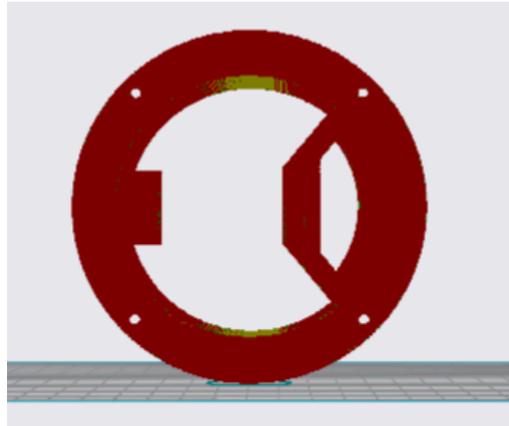
Se diseñó un circuito adaptado para alimentar el motor de la cinta transportadora a partir de una fuente de 12 V, teniendo en cuenta que el motor está diseñado para funcionar a 6 V. Para lograr esta reducción de tensión, se utilizaron tres resistores de 4,7 Ω y 5 W cada uno, conectados en serie.

La primera prueba consistió en alimentar el motor directamente con 6 V y medir su consumo en vacío, el cual resultó estar entre 400 y 420 mA. Con ese valor de corriente, se realizaron los cálculos necesarios para determinar qué resistencia total se debía colocar en serie al motor de modo que, al alimentarlo con 12 V, recibiera los 6 V correspondientes para su correcto funcionamiento.

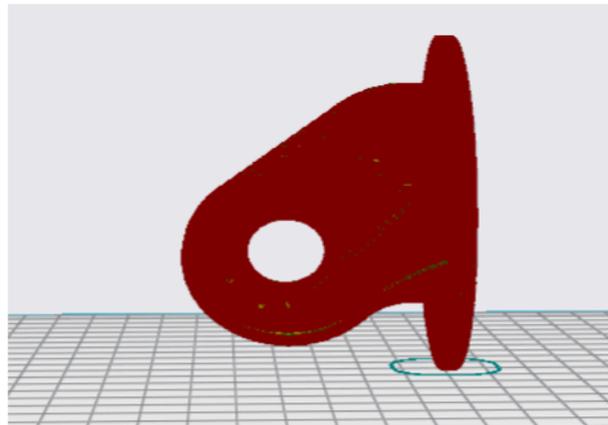
Si bien esta solución permitió hacer funcionar el motor, no es la más adecuada, ya que el consumo del motor varía según la carga. Por ejemplo, si la cinta se detiene o se ve forzada, la corriente aumenta, lo que puede afectar el comportamiento del sistema. En estos casos, lo ideal sería utilizar un regulador de voltaje. Sin embargo, al no contar con uno en ese momento, se optó por esta solución provisional con los elementos disponibles.

Aplicando la Ley de Ohm ($V = I \times R$) y despejando R, se obtiene: $R = V / I = 6 \text{ V} / 0.42 \text{ A} \approx 14.28 \Omega$. Esto indica que es necesario colocar un resistor de aproximadamente 14.28 ohmios en serie para reducir la tensión del motor a 6 V.

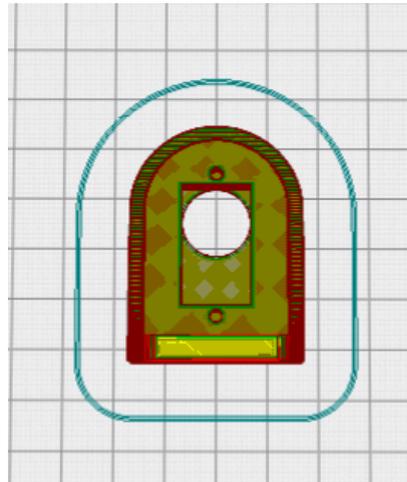
ANEXO III: Archivos gcode de impresión 3D



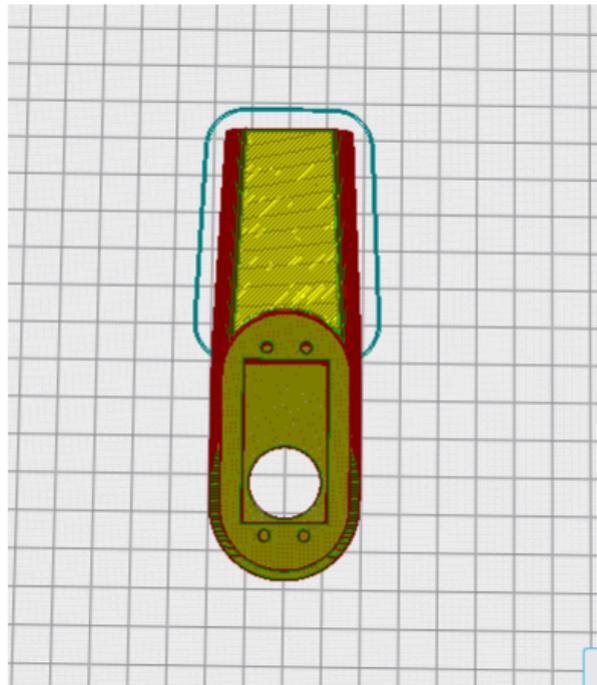
Base



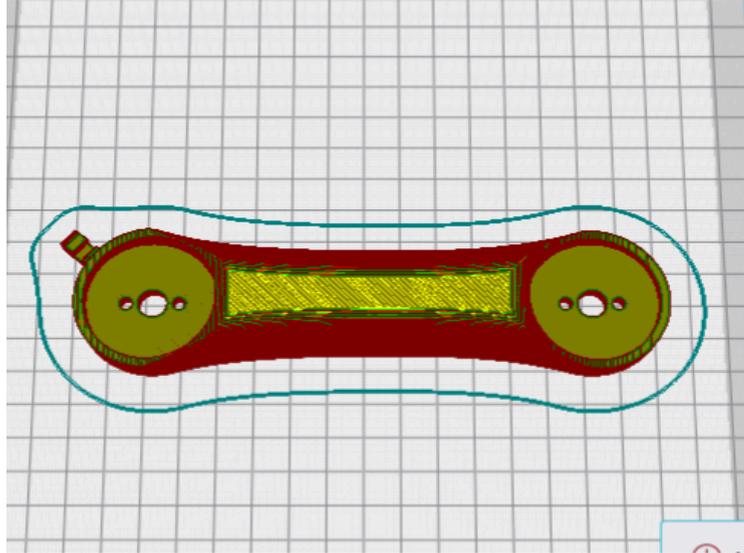
Hombro



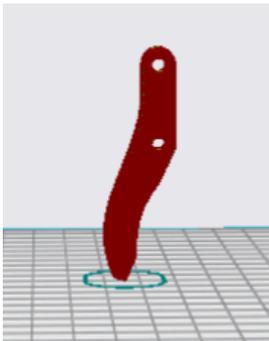
Muñeca



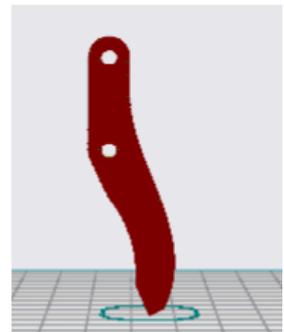
Brazo



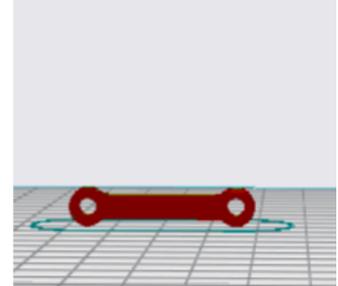
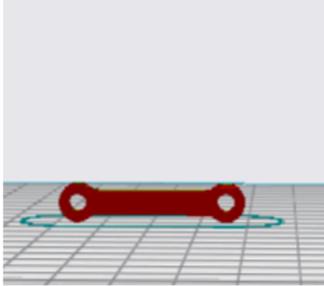
Antebrazo



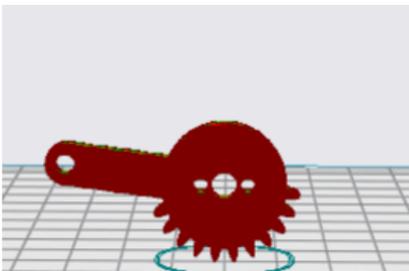
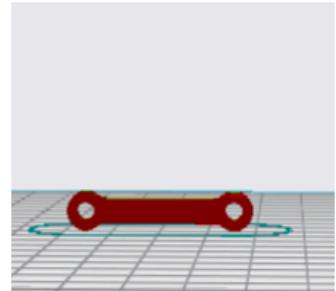
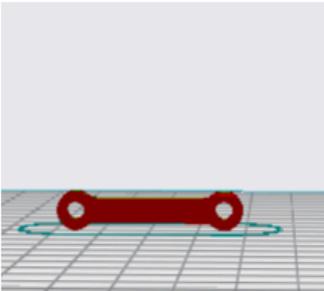
Garra izquierda



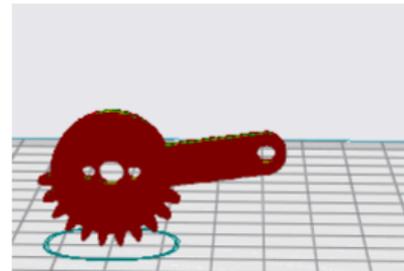
Garra derecha



Articulación x 4



Engranaje izquierdo



Engranaje derecho

ANEXO IV: Código de programación

Código del programa para hacer funcionar los servos del brazo robótico.

```
#include <Servo.h>

int pinsensor=2;
bool sensordetecto;
int angulovalor;

// Declaración de servos
Servo pinza;
Servo base;
Servo brazo;
Servo AnguloPi;
Servo muñeca;
Servo antebrazo;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pinsensor,INPUT);
  base.attach(3);
  pinza.attach(5);
  antebrazo.attach(6);
  brazo.attach(9);
  AnguloPi.attach(10);
  muñeca.attach(11);
}

void loop(){
  sensordetecto=digitalRead(2);
  ;
  if(sensordetecto==0){
    base.write(95);
    delay(1000);
    brazo.write(90);
    delay(1000);
    antebrazo.write(29);
    delay(1000);
    AnguloPi.write(170);
    delay(1000);
    antebrazo.write(12);
    delay(500);
    pinza.write(18);
```

```
delay(500);  
antebrazo.write(29);  
delay(500);  
base.write(0);  
delay(500);  
}else{  
idle();  
}  
}
```

```
void idle() {  
base.write(100);  
delay(500);  
antebrazo.write(90);  
delay(500);  
brazo.write(80);  
delay(500);  
pinza.write(90);  
}
```

ANEXO V: Presupuesto

Materiales utilizados	Cantidad	Precio
Placa Arduino UNO	1	\$10.799
Motor con caja reductora	1	\$22.500
Sensor de obstáculos	1	\$2.500
Módulo PWM	1	\$5.300
Placa pertinax 10X10cm	1	\$2.500
Borneras	10	\$3.000
Optoacoplador PC817A	1	\$2.800
Diodo 1N4007	1	\$100
Resistor Metalfilm 120ohm x 2w	1	\$200
Rele simple inversor 12v	1	\$1.000
Resistores ceramicos 5w	3	\$1.500
Varilla roscada 6mm	1	\$3.000
Carretes	2	\$1.000
Tapas de gaseosa	6	\$0
Tuercas M6	12	\$1.200
Brazo impreso en 3D	1	\$34.000
Fibrofácil	2	\$8.500