

# Proyecto: Robot Auto-Balancín

Requerimientos de diseño y especificaciones

**Profesor: Harold Valenzuela**

Auxiliares: Francisco Cáceres, Fernando Navarrete

Ayudantes: Valentina Abarca, Ignacio Núñez, Fernanda Echeverría, Emilia Gutiérrez

## 1. Contextualización

El proyecto a desarrollar en el curso de Mecatrónica durante el semestre de Primavera 2025 consiste en el diseño y fabricación de un **Robot Auto-Balancín**. Este sistema robótico emplea un control automático basado en un controlador PID (Proporcional-Integral-Derivativo) para mantener el equilibrio dinámico en un eje ubicado por debajo de su centro de gravedad. Para lograr esta estabilidad, el robot ajusta continuamente el movimiento de sus ruedas, compensando perturbaciones externas y variaciones en su inclinación.

El propósito principal de este proyecto es proporcionar una aplicación práctica e integradora de los conceptos clave del curso, incluyendo la selección y control de motores, la implementación de sensores para retroalimentación en tiempo real y el desarrollo de algoritmos de control automático.

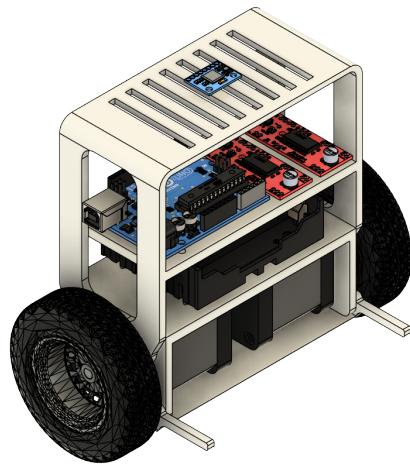


Figura 1: Modelo Base del Robot Auto-Balancín a implementar. El diseño final a realizar por cada grupo puede diferir de esta imagen. Fuente: creación propia del curso Mecatrónica.

## 2. Avances de Proyecto

Para realizar un seguimiento de la fabricación e implementación del **Robot Auto-Balancín**, se emplearán 3 avances de proyecto. Los detalles de cada avance se muestran a continuación. Se espera que **cada avance sea independiente del anterior**, por lo que, los cambios posteriores a unidades ya evaluadas, no se tendrán en cuenta y solo serán importantes para que el sistema funcione.

### 2.1. Avance 1: Unidad de motores

Para el primer avance de la fabricación e implementación del robot auto-balancín, se pedirá el diseño CAD y prototipado de la unidad de motores ó estructura inferior, la cual debe cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Elección y consideración de al menos 2 motores eléctricos que sostendrán al robot en su eje central.
2. Ruedas y acople de éstas a los motores para permitir el balanceo del sistema.
3. Carcasa o estructura de soporte para sostener los motores de acuerdo a las uniones disponibles del motor escogido.
4. Barra de descanso que permita el apoyo del robot cuando este se encuentra en reposo.
5. Anclaje para permitir la posterior unión de la unidad de motores a la estructura superior restante.
6. Código para el movimiento de los motores (utilizando TinkerCad o directamente programado en Arduino IDE).

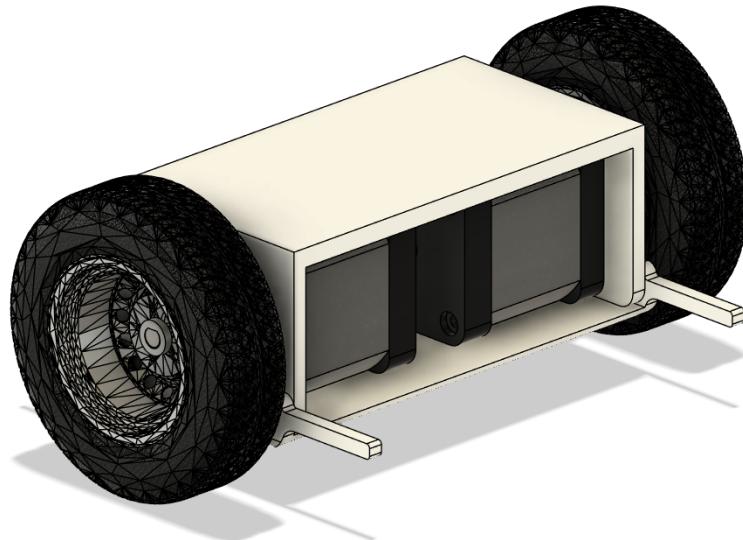


Figura 2: Ejemplo de diseño para Avance 1 en el caso de uso de motores Nema17.

## 2.2. Avance 2: Unidad de sensores y estructura superior

Para el segundo avance de la fabricación e implementación del robot auto-balancín, se pedirá el diseño CAD y prototipado de la unidad de sensores ó estructura superior, la cual debe cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Elección y consideración de sensores adecuados para el proyecto del robot auto-balancín. Considerar el uso de un sensor que permita medir el ángulo de inclinación del robot y otros sensores adicionales para los fines que estime conveniente cada grupo.
2. Estructura superior del robot, la cuál debe tener en cuenta paredes que permitan el anclaje de componentes y la consideración de espacios adecuados para que todos los componentes electrónicos esenciales puedan ubicarse dentro de la estructura.
3. Ubicación estratégica de los componentes electrónicos para desplazar el **centro de gravedad** a una posición centrada en el robot y lo más cerca posible al eje de los motores.
4. Consideración de espacio para placa PCB que conectará la unidad de motores con el resto de los componentes, además de considerar un interruptor ubicado al costado del robot para alimentar o apagar el robot de manera práctica sin desconectar nada.
5. Código en C++ para Arduino de interpretación de las variables angulares ó de posición del sensor. El sensor debe estar calibrado y ser capaz de detectar cambios.

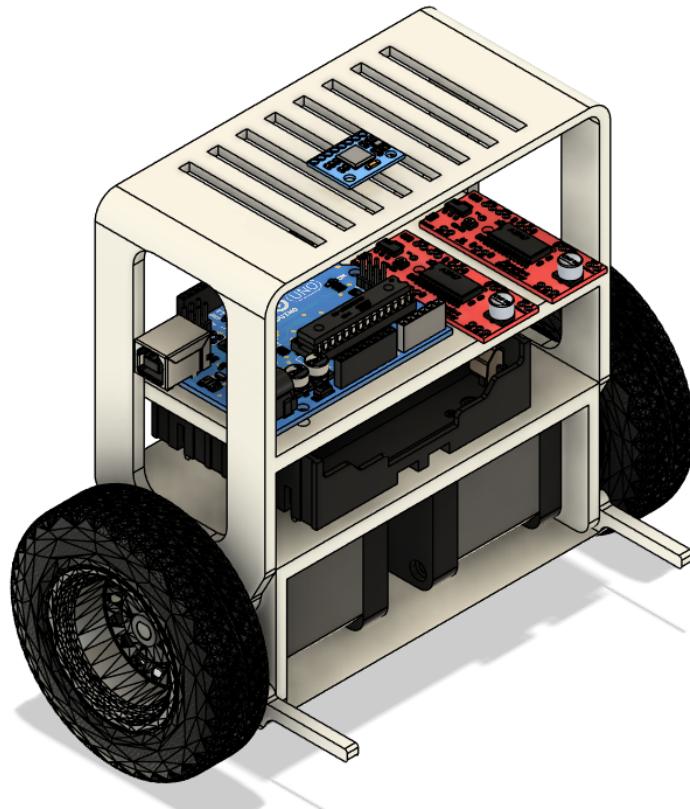


Figura 3: Ejemplo de diseño para Avance 2 considerando todos los componentes electrónicos necesarios.

## 2.3. Avance 3: Control automático y estética

Por último, en el avance final, considerando la **construcción completa** del robot auto-balancín, para que el robot funcione y se vea bien, se deben cumplir los siguientes requerimientos:

1. Implementación de un sistema de control automático con los componentes electrónicos considerados. Debe ser calibrado y definir las constantes adecuadas para su correcto funcionamiento. Todo esto debe ser justificado mediante algún método.
2. Lógica de programación comentada y ordenada para el control automático, considerando el movimiento de los motores, la lectura del sensor y la retroalimentación entre estos dos componentes.
3. Implementación de estética para diferenciar su robot con respecto a otros proyectos. Esto debe considerar el uso de accesorios de diversos materiales, formas geométricas y adornos que se puedan incorporar armoniosamente con el diseño de su robot.

## 2.4. Informe final

El informe final del proyecto será sustituido por la documentación en un repositorio de GITHUB, el cuál debe considerar los siguientes puntos:

1. Página principal con título de su proyecto, imágenes representativas de los resultados, colaboradores y mención del curso *Mecatrónica 4250*. Incluyan un archivo README que contenga un índice o descripción del contenido del repositorio.
2. Carpeta con los archivos CAD utilizados para el diseño y fabricación del robot auto-balancín.
3. Carpeta con una lista de componentes electrónicos y materiales utilizados para el desarrollo del proyecto.
4. Código utilizado para el proyecto.
5. Carpeta con el diagrama esquemático electrónico y diagrama de control automático de su proyecto.
6. Carpeta con registros audiovisuales de los avances y resultados del proyecto.
7. Referencias o citas que consideraron necesarias para elaborar su proyecto.

### **3. Requerimientos de Diseño**

Los requerimientos de diseño son puntos clave a cumplir en su proyecto para garantizar el correcto funcionamiento esperado de sus robots. Además, se incluyen consideraciones geométricas y físicas para el proyecto, con el fin de evitar situaciones indeseadas en el funcionamiento del robot.

#### **3.1. Requerimientos generales**

Para garantizar el correcto funcionamiento de los proyectos, todos los grupos deberán cumplir con los siguientes requerimientos generales:

1. Implementar **al menos dos motores**, seleccionados según las necesidades del diseño. Junto a esto, debe considerar la implementación de ruedas.
2. Integrar **uno o más sensores** para la detección de posición o determinación de la estabilidad del sistema.
3. Utilizar un **microcontrolador** para la gestión y control de los componentes eléctricos. Este debe poseer su alimentación propia. Puede usar más de uno, pero no se recomienda, con el fin de reducir la complejidad del proyecto.
4. Alimentar cada motor mediante **baterías LiPo ó pilas recargables**, las cuales serán proporcionadas por el Cuerpo Docente. Junto a esto, considerar la implementación de un interruptor que permita cortar el suministro de energía al sistema.
5. Implementar una **placa PCB soldada** para la unidad de potencia de los motores y otra placa adicional para la distribución/administración de energía.
6. Diseñar un soporte en los laterales para apoyar su robot y evitar vuelcos indeseados cuando pierda el equilibrio o se encuentre apagado.
7. Implementar una estética o temática única en su robot que permita diferenciar de forma superficial su proyecto del resto del curso.

### 3.2. Consideraciones

Deben tener en cuenta las siguientes consideraciones geométricas y físicas para su proyecto, con el fin de lograr el funcionamiento del robot frente a condiciones no deseadas. Para definir esto, se utilizará el esquema mostrado en la Figura 4. Se recomienda por temas de estabilidad y reducción del momento de inercia intentar cumplir con las siguientes restricciones:

$$H \leq 2L[\text{mm}] \quad \wedge \quad A \approx H \quad (1)$$

$$\min\{z_{CM} - h_{eje\ motor}\} \quad (2)$$

**(1) Condición de estabilidad inercial:** Esta condición permite reducir el momento de inercia del robot y mejorar el tiempo de respuesta, mejorando su estabilidad. Un sistema más alto ó más ancho, es más pesado y posee mayor inercia.

**(2) Centro de masa:** Se debe minimizar todo lo posible la distancia entre la altura del centro de masa del sistema y la altura del eje de giro para mejorar la estabilidad. Además, debe estar alineado al eje, con el fin de equilibrar el momento de inercia en ambas direcciones de giro.

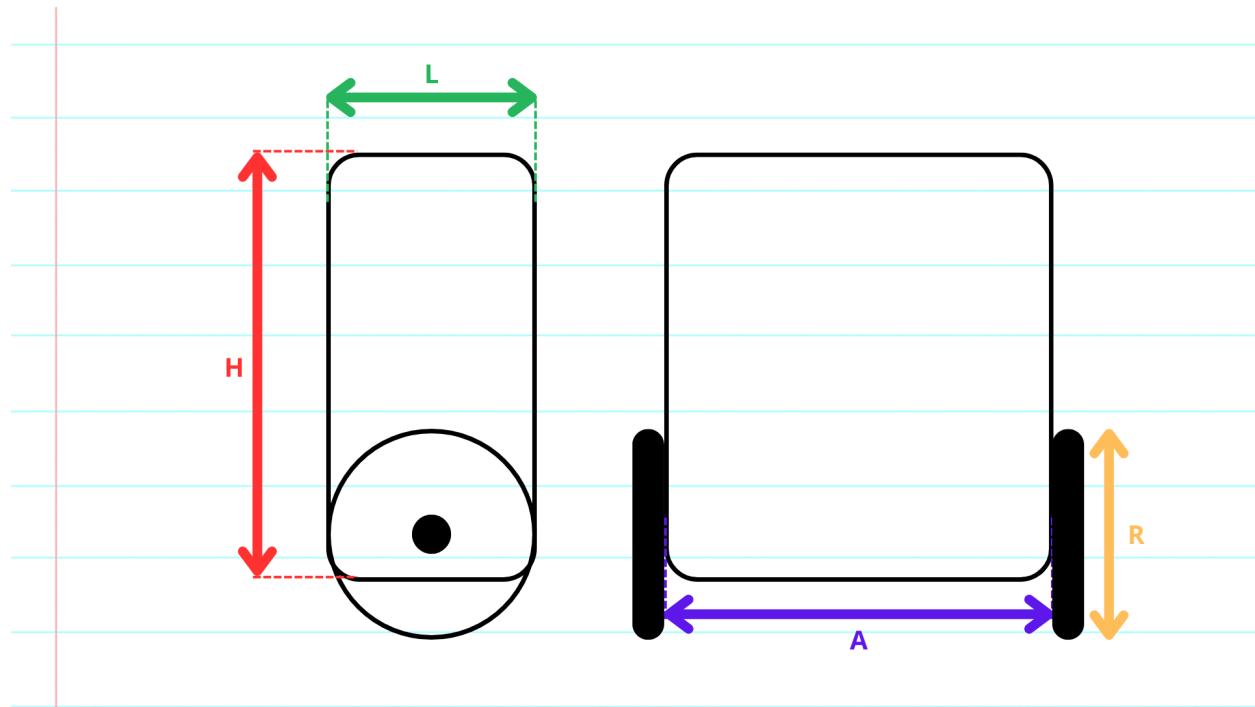


Figura 4: Esquema de dimensiones a considerar en el proyecto.

### 3.3. Dimensiones propuestas

A continuación, se proponen algunos criterios de dimensiones para el robot. Se recomienda **proponer al menos 2 a 3 variaciones** cumpliendo con las dimensiones propuestas del robot escogido.

1. Robot Estándar:

$$R \leq 80mm$$

$$A = H$$

2. Robot Plano:

$$\begin{aligned} R &\leq 100mm \\ L &\approx A \quad (\text{en lo posible}) \end{aligned}$$

3. Robot Bajo:

$$\begin{aligned} R &\leq 80mm \\ H &= 0.75A \end{aligned}$$

**Comentario final:** no se permite nombrar a sus robots de acuerdo a sus dimensiones, ¡sean originales!