

# Robot Autobalancín La Gallina

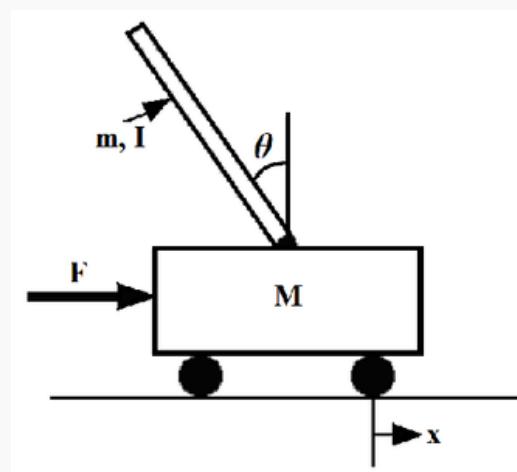
Enrique Rebolledo, Félicie Nguyen, Joaquín Poblete, Pablo Varetto, Marina Olmedo  
ME4250 2025-1

## Introducción

Este proyecto, desarrollado para el curso de Mecatrónica (Primavera 2025), aborda el desafío del diseño y fabricación de un Robot Auto-Balancín. El objetivo central es lograr la integración práctica de motores y sensores en un sistema de control con retroalimentación en tiempo real.

**¿Qué es un Robot Auto-Balancín?** Es una plataforma robótica de dos ruedas basada en el principio del péndulo invertido. Al tener su centro de masa por encima del eje de rotación, es un sistema intrínsecamente inestable que tiende a caerse si no se aplica fuerza. Para mantenerse erguido, el robot debe "perseguir" su propio centro de gravedad constantemente.

Para lograr esta estabilidad dinámica, nuestro sistema implementa un controlador PID que compensa perturbaciones y variaciones de inclinación, ajustando el movimiento de las ruedas para mantener el equilibrio de forma autónoma.



Principio del péndulo invertido

## Objetivos del proyecto

Diseñar, fabricar y controlar un robot auto-balancín capaz de mantener el equilibrio dinámico mediante la implementación de un sistema de control PID y retroalimentación sensorial en tiempo real.

- Diseñar y modelar** la estructura mecánica del robot (chasis), asegurando una distribución de masa que eleve el centro de gravedad y permita el alojamiento de motores y electrónica.
- Implementar** la electrónica del sistema mediante la fabricación de placas PCB para la gestión de potencia de los motores y la integración de sensores de inclinación.
- Programar y calibrar** un algoritmo de control PID en un microcontrolador, procesando las señales del sensor para ajustar la velocidad de las ruedas y compensar perturbaciones.
- Integrar** una estética funcional y diferenciadora que proteja los componentes y cumpla con los requerimientos de diseño visual del proyecto.

## Código

### Código Arduino IDE

```
// B. PID
error = setpoint - roll;

float P = Kp * error;
integral += error * dt;
float I = Ki * integral;
derivada = (error - error_prev) / dt;
float D = Kd * derivada;

salidaPID = P + I + D;
// salidaPID ahora representa PASOS POR SEGUNDO.
```

- Se reemplazó la librería Stepper por líneas de código manual utilizando la función digitalWrite debido a que stepper.h no se comunicaba correctamente con el sensor.
- También se Utilizó la librería wire.h para el sensor, debido a esto la salida del código se encuentra en pasos por segundo.

### PID

El PID (*Proportional–Integral–Derivative controller*) calcula la corrección necesaria comparando el ángulo actual con el punto de equilibrio (SetPoint).

- P: Reacciona al error actual.
- I: Corrige el error acumulado en el tiempo.
- D: Predice el error futuro basándose en la velocidad de cambio.

Para obtener una respuesta estable y rápida, se realizó la siguiente calibración experimental:

Primero se dejaron unos valores aleatorios, un Kp alto y unos Kd y Ki bajos. Con estos la gallina lograba avanzar hacia un único lado.

Posteriormente, se disminuyó el Kp, de esta manera la gallina avanzaba hacia un lado y a veces giraba. Dado a que no se detenía, se llegó a la conclusión de que el ángulo medido era incorrecto y se cambió en el código el roll (eje x), por el pitch (eje y).

A continuación se utilizó el procedimiento recomendado, disminuyendo Kd y Ki hasta 0, y dejando un Kp bajo, que luego se tuvo que aumentó hasta 40. Con estos valores la gallina parecía obedecer al balance, pues lograba moverse en la dirección en que se inclina. Sin embargo, la velocidad no era suficiente.

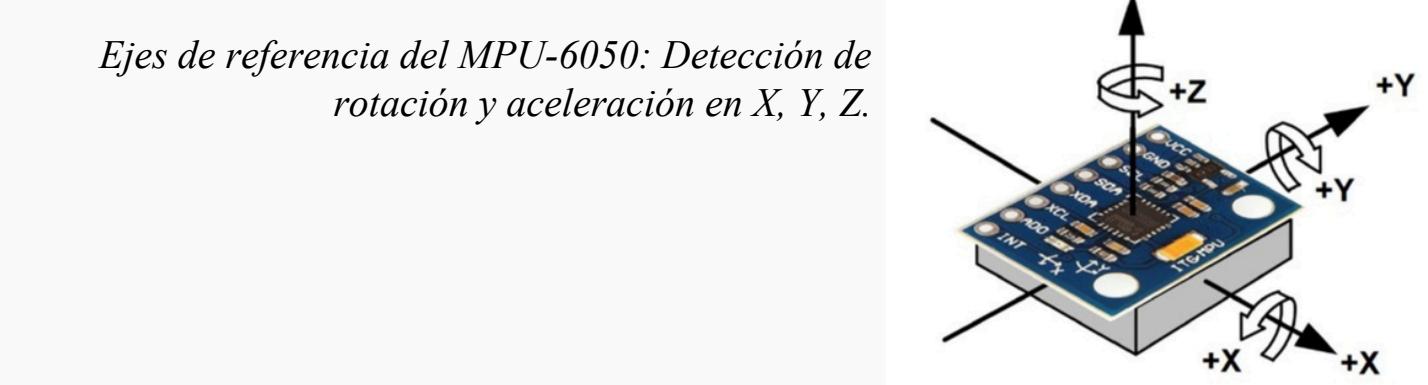
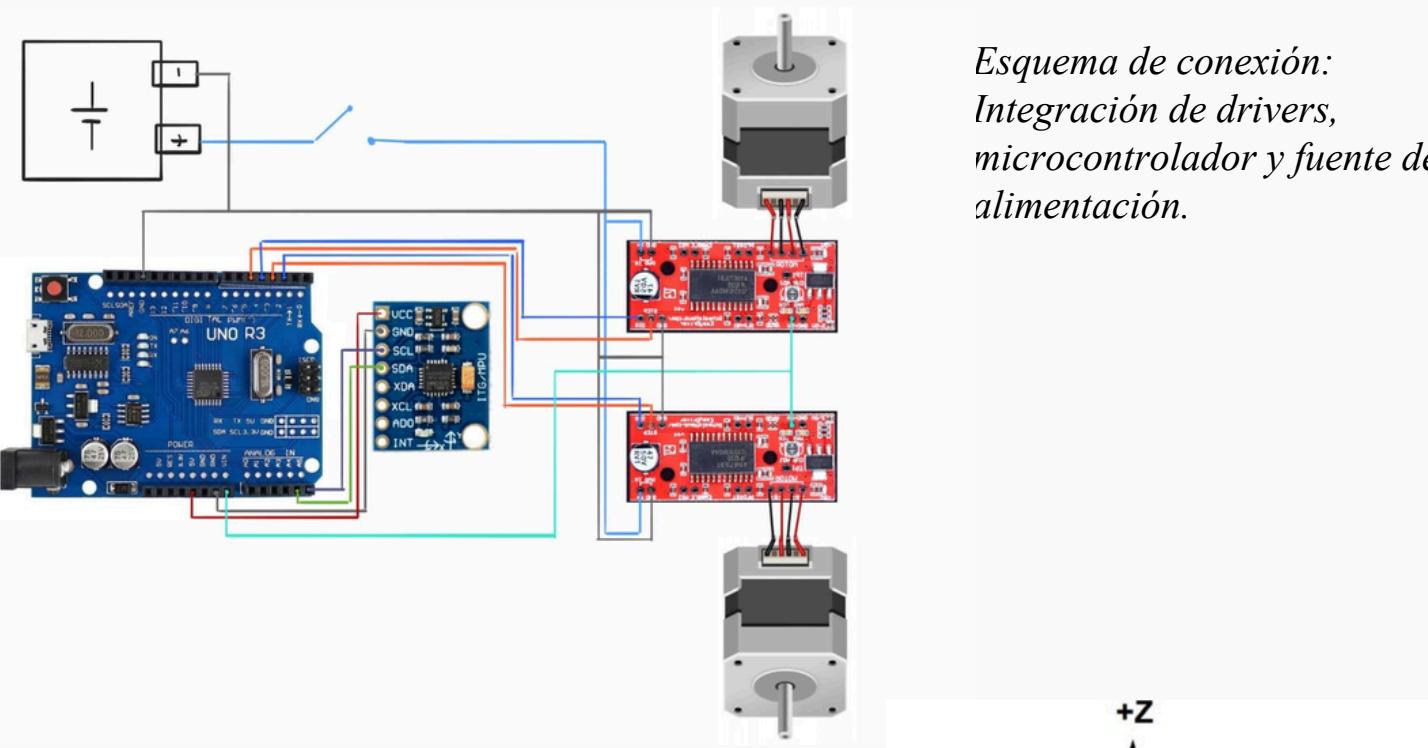
A medida que se realizaron pruebas del PID, los motores comenzaron a quedar algo sueltos en las ruedas, lo que detuvo la capacidad de experimentación.

PID Final: Kp = 1100 Ki = 0 Kd = 25

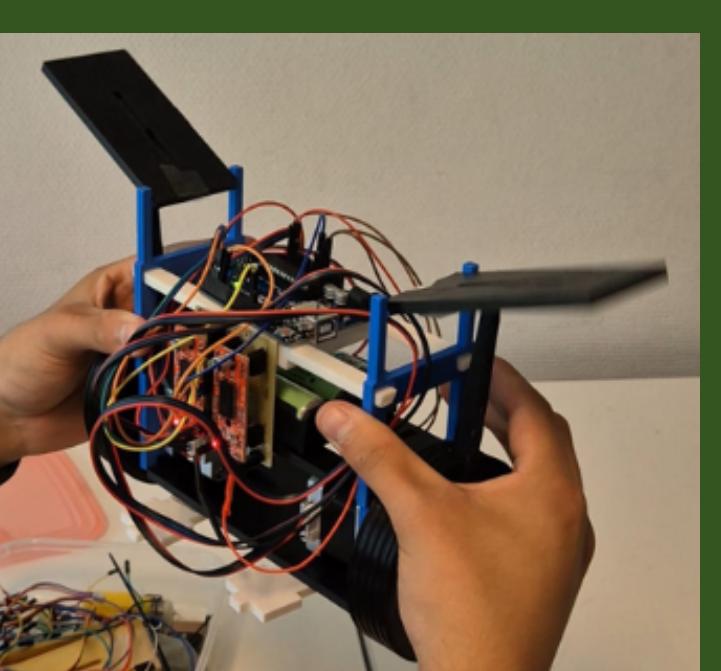
## Circuito

Para garantizar el control y la estabilidad del sistema, se implementó una arquitectura basada en los siguientes módulos:

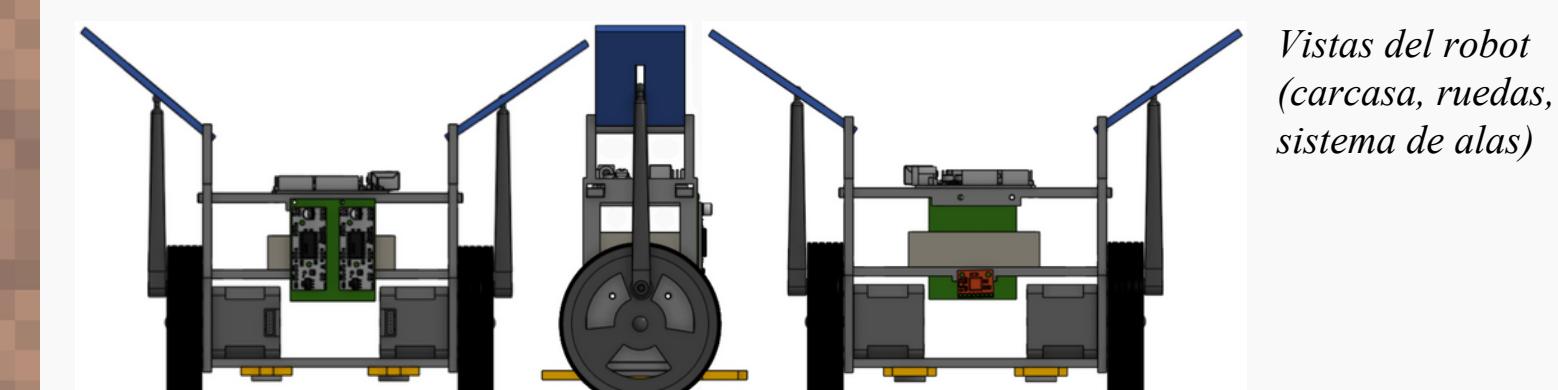
- Unidad de Procesamiento:** Arduino Uno (Microcontrolador) para la gestión de algoritmos y señales.
- Etapa de Potencia:** Controladores EasyDriver A3967 encargados del control de micropasos para los actuadores.
- Actuadores:** 2 Motores paso a paso Nema 17 (Bipolares) para la tracción diferencial.
- Sensor:** Módulo MPU-6050 (IMU de 6 ejes: Acelerómetro + Giroscopio) para la retroalimentación de inclinación.
- Integración:** Todo el sistema se centraliza en una placa PCB diseñada a medida para reducir el ruido y mejorar la conectividad.



## Sistema conectado



## Diseño



Vista explotada de la carcasa

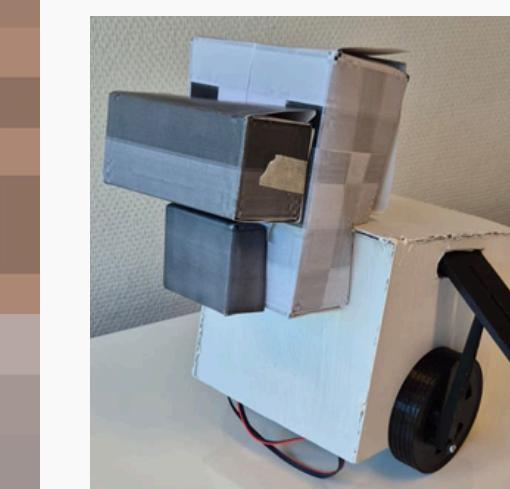


Foto del robot final

- 100 % hecho en impresión 3D (PLA, TPU).
- Posibilidad de ensamblaje rápido y simple.
- Remplazo o reimpresión de piezas fácil.
- Temática de Gallina de Minecraft.
- Montaje por "bloques" (tipo lego)

## Conclusiones

Salvo la calibración final del PID, se cumplieron los objetivos de diseño estructural, implementación electrónica e integración funcional del sistema.

### Mejoras posibles :

- Optimizar los cables del sistema, especialmente el largo de los cables de los NEMA.
- Diseñar una carcasa cuyas uniones sean más firmes con placas más resistentes a la flexión.

### Lo que se podría añadir :

- Optimización Energética: Diseñar un modo de "reposo" (sleep mode) cuando el robot detecta que ha caído ( $\text{ángulo} > 45^\circ$ ) para evitar el sobrecalentamiento de los controladores y consumo innecesario.
- Control Remoto: Como trabajo futuro, se propone integrar un módulo Bluetooth (HC-05) para modificar el SetPoint dinámicamente, permitiendo que el robot se desplace hacia adelante o atrás bajo comando externo sin perder el equilibrio.

## Referencias





# PROYECTO ROBOT AUTO-BALANCÍN

## "R2-F1P"

SANTIAGO ÁVILA, DIEGO GAJARDO, LEONARDO PIZARRO, DANIELA QUIROZ

ME4250-1 2025

### Introducción

El proyecto desarrollado en el curso de Mecatrónica ME4250 consiste en el diseño y construcción de un robot auto-balancín con estética inspirada en R2-F1P, combinando elementos de diseño industrial, control automático y electrónica integrada. El sistema utiliza un controlador PID para mantener el equilibrio dinámico ajustando en tiempo real la velocidad de sus ruedas, compensando inclinaciones y perturbaciones externas.

Este proyecto busca integrar los principales contenidos del curso: selección de motores, implementación de sensores iniciales, diseño CAD, impresión 3D, desarrollo de electrónica mediante PCB y programación de algoritmos de control para lograr un robot capaz de estabilizarse por sí mismo.

### Objetivos del proyecto

#### Objetivo general:

- Diseñar, fabricar e implementar un robot auto-balancín con estética basada en R2-F1P, capaz de mantenerse estable mediante control automático.

#### Objetivos específicos:

- Modelar en CAD la estructura externa e interna.
- Prototipar e imprimir en 3D las piezas principales.
- Integrar motores paso a paso NEMA17 con controladores A4988, calibrar el sensor MPU6050 y programar el sistema de control PID.
- Entregar de masa y montaje interno.
- Integrar la estética de R2-F1P sin comprometer estabilidad.

### Propuesta/Metodología

#### 1. Diseño conceptual y prototipado inicial:

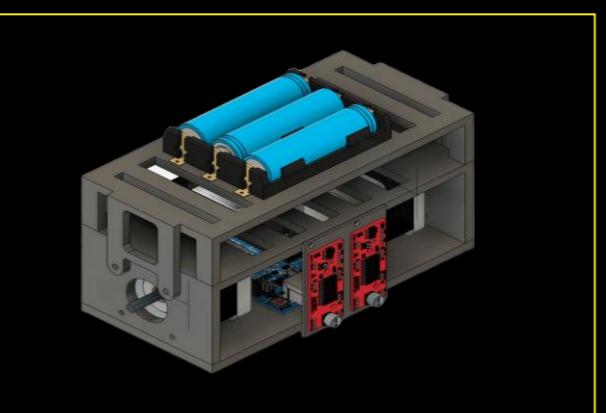
- Construcción de prototipo en cartón.
- Diseño CAD de la estructura inferior.

#### 2. Fabricación 3D y diseño de estructura R2-F1P:

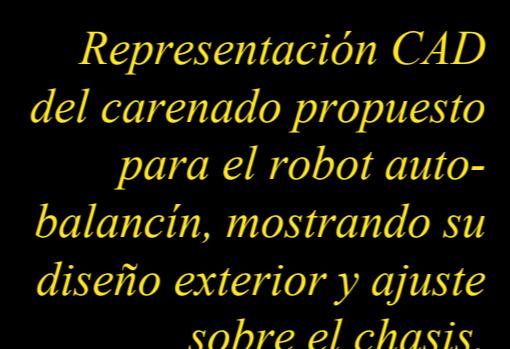
- Modelado detallado de cabeza y cuerpo.
- Impresión 3D en Bambu Lab A1.
- Integración de soportes internos y espacio para electrónica.

#### 3. Integración electrónica y control:

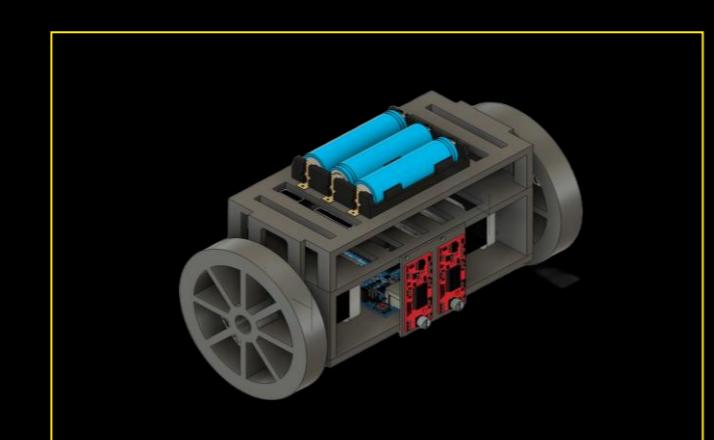
- Selección de motores, controladores A4988, placa Arduino Uno R3, sensor de movimiento MPU6050 y switch para encendido/apagado.
- Integración de baterías ion-litio de 2200 mAh
- Soldadura de PCB y organización del cableado.
- Programación de lectura sensorial y sistema de control PID.
- Calibración del sistema y pruebas dinámicas.



Diseño CAD del chasis del robot autobalanceable, mostrando la disposición de las baterías, la placa Arduino y los controladores de los motores paso a paso.



Representación CAD del carenado propuesto para el robot auto-balancín, mostrando su diseño exterior y ajuste sobre el chasis.



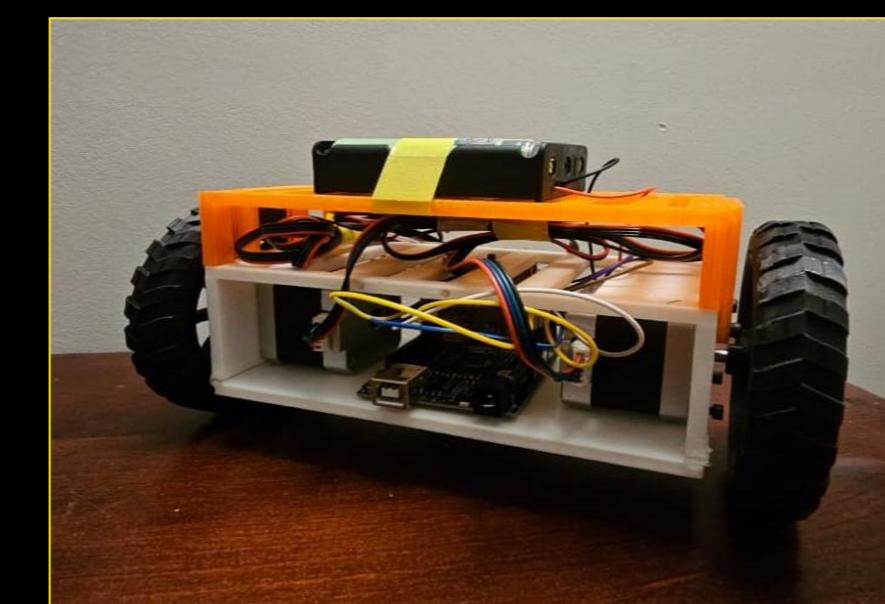
Diseño CAD completo de la base del robot auto-balancín, mostrando la integración del chasis, baterías, electrónica y ruedas motrices.

### Resultados & Discusión

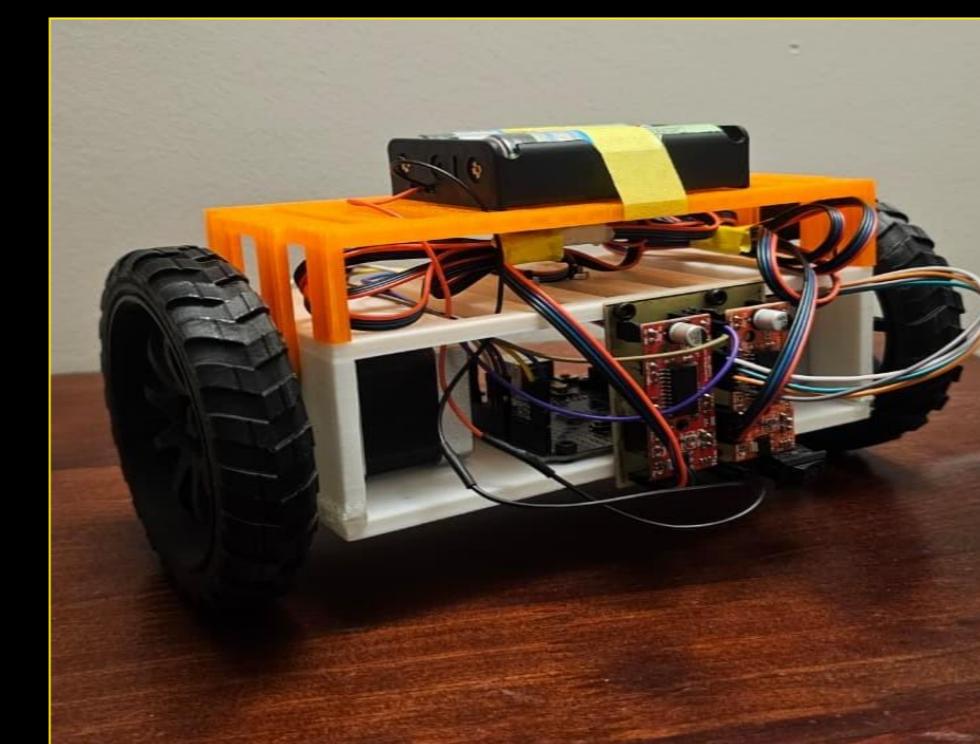
La fabricación del robot a partir del modelo CAD permitió obtener un chasis rígido y liviano, capaz de sostener el cuerpo esférico y la cabeza temática de R2-F1P sin comprometer el centro de masa. Las dimensiones finales lograron acomodar motores, batería, PCB y cableado de manera estable y sin interferir con el equilibrio general.

La incorporación de rejillas superiores en el diseño demostró ser funcional: estas aperturas facilitaron el enrutamiento del cableado interno, permitiendo pasar cables entre niveles evitando cruces innecesarios y reduciendo el riesgo de desconexiones accidentales durante las pruebas.

La PCB instalada dentro del chasis permitió distribuir potencia y señales con una estructura más limpia y robusta. Su presencia redujo notablemente la cantidad de cables sueltos, mejorando la fiabilidad del montaje al minimizar ruido eléctrico y falsos contactos.



Vista frontal de la base del robot construida, mostrando la integración de la electrónica (drivers, motores paso a paso, placa y cableado) dentro del chasis impreso en 3D.



Vista posterior de la plataforma base del robot auto-balancín, donde se aprecian los controladores de motor paso a paso y el cableado de la electrónica.

Durante las pruebas iniciales de encendido, los drivers A4988, el sensor MPU6050 y el microcontrolador respondieron correctamente. Tras la sintonización del controlador se fijaron las constantes PID en  $K_p = 4$ ,  $K_i = 0$  y  $K_d = 0$ , parámetros con los que la base del robot logró recuperar el equilibrio de forma rápida y sin oscilaciones apreciables frente a pequeñas perturbaciones.

En cuanto al comportamiento mecánico, la estructura soportó sin deformaciones el peso conjunto de la electrónica, motores y batería. Las ruedas acopladas a los motores giraron de forma estable. Además, la ubicación interna de los componentes contribuyó a mantener un centro de masa bajo, aspecto clave para la estabilidad general del robot.

### Conclusiones

El proyecto logró integrar exitosamente diseño mecánico, electrónica y control automático en un robot auto-balancín, inspirado en R2-F1P. El prototipo actual demuestra estabilidad parcial y un correcto funcionamiento del sistema sensorial y la electrónica interna.

Aunque la estabilidad no es todavía perfecta, el robot responde adecuadamente a pequeñas perturbaciones y cuenta con una estructura robusta y funcional. Las próximas etapas se centran en la sintonización fina del PID y la mejora de la respuesta de los motores, lo que permitirá alcanzar un balance más rápido y estable.

### Referencias

<https://github.com/Grupo-4-ME4250-1-2025-2/Proyecto-Robot-Auto-Balancin.git>



# CURA – (B)O(T)

## Grupo 3

Joaquín Gutiérrez, Luis Felipe Muñoz, Marcio Ramírez, Hernán Reyes, Camilo Urra  
ME4250 2025-2

### Introducción

- El Robot Auto-Balancín se sostiene sobre dos ruedas y es naturalmente inestable, por lo que requiere un controlador PID que ajusta el movimiento de las ruedas ante cualquier perturbación, actuando de forma similar a una persona que corrige su postura para no caer.
- Su desarrollo involucró modelado 3D, cálculos estructurales, selección de sensores y componentes electrónicos, y la programación del controlador, siempre buscando optimizar la distribución de masa, la respuesta dinámica y la estabilidad del prototipo.
- El resultado fue un robot capaz de equilibrarse de manera autónoma, demostrando la efectividad del PID y cómo un modelo simple puede escalarse a sistemas robóticos más complejos.
- Además, este proyecto didáctico permite extrapolar principios de control PID a otras áreas, como Medicina, por ejemplo, en el control de temperatura durante procedimientos de diálisis.

*Inspiración para el tema  
del robot auto balancín*



### Objetivos del proyecto

#### Objetivo general:

- Construir un Robot Auto-Balancín capaz de mantenerse estable integrando motores, sensores y un controlador PID funcional.

#### Objetivos específicos:

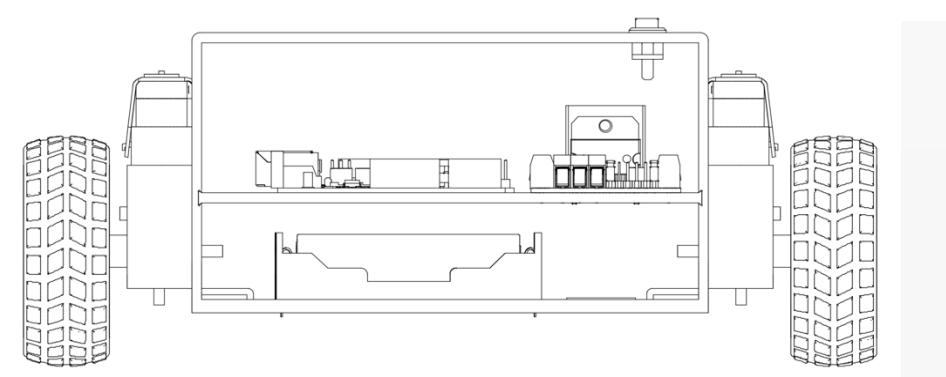
- Diseñar la estructura del robot considerando la distribución interna, tolerancias y puntos de anclaje de los componentes.
- Calcular el centro de masa y las dimensiones relevantes para asegurar la estabilidad del robot.
- Seleccionar los componentes electrónicos y estructurales necesarios, como motores, sensores, drivers, ruedas y materiales.
- Programar el movimiento de los motores, la lectura del sensor y el control automático mediante retroalimentación.
- Implementar la estética del robot para representar su temática central.



### Propuesta/Metodología

#### Metodología, manufactura y gestión de hardware:

- Se elaboró un dibujo conceptual del robot para definir su forma general y la ubicación de los principales componentes.
- Se diseñó la carcasa en Fusion 360.
- Se seleccionaron los componentes electrónicos y materiales estructurales, ajustándolos según los problemas que surgieron durante el proceso.
- Se fabricó el prototipo mediante impresión 3D. Esta etapa que requirió iteraciones hasta lograr la versión definitiva.
- Se implementó el código que integra motores, sensores y el sistema de control automático.
- Se aplicó la temática final del robot.

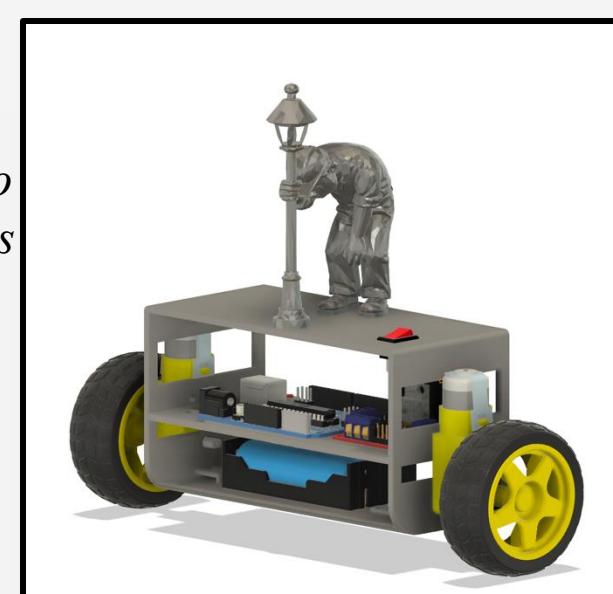


Vista frontal de la estructura del modelo CAD

#### Selección y Ubicación de Componentes:

La distribución de masa es primordial para la estabilidad:

- Motores DC:** simples de controlar y con torque adecuado para las correcciones del PID.
- Zona superior (livianos):** Arduino y driver, al tener poco peso no afectan la estabilidad y se mantienen accesibles.
- Zona inferior (pesados):** baterías y porta-baterías, colocados abajo para **bajar el centro de masa** y mejorar el equilibrio del robot.
- Acelerómetro:** alineado con el eje de las ruedas para lecturas confiables de inclinación.
- Interruptor y LED:** ubicados arriba para fácil acceso y señalización del sistema.



Vista isométrica de la  
versión final del modelo  
CAD. Muestra todos sus  
componentes y  
distribuciones.

#### Decisiones de diseño:

- Impresión en PLA por versatilidad y capacidad de replicar el CAD
- Se utilizó una carcasa modular, lo que permitió cambiar componentes con facilidad y reimprimir solo las piezas necesarias
- Para la electrónica, se optó por no utilizar una PCB soldada, empleando en su lugar conexiones directas organizadas mediante amarras

### Resultados & Discusión

#### Diagrama de conexiones:

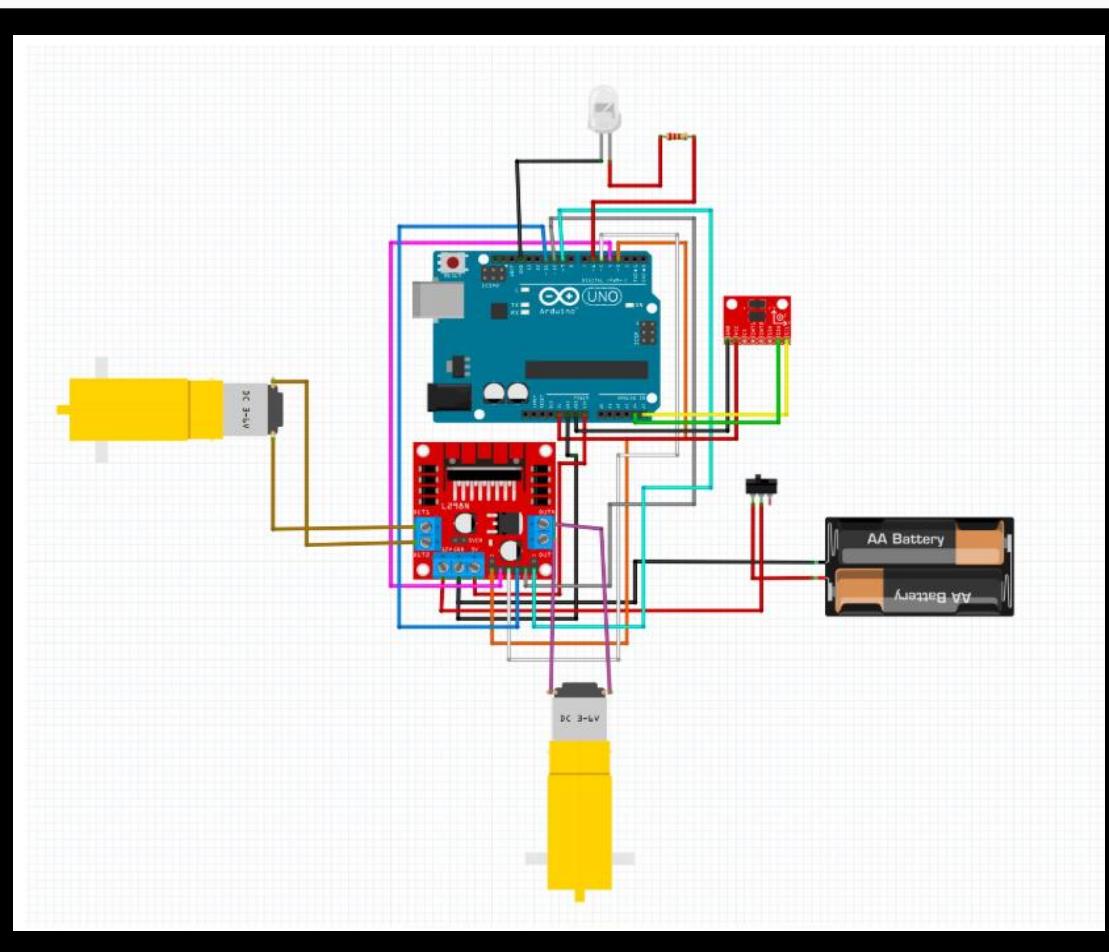


Diagrama de conexiones del robot auto balancín

#### Valores del Control PID:

Se implementó un controlador PID digital sintonizado mediante el método de Ziegler-Nichols, complementado con ajuste iterativo experimental.

Las constantes que entregaron mayor estabilidad fueron:

$$\begin{aligned} K_p &= 15 \\ K_i &= 0.12 \\ K_d &= 0.94 \end{aligned}$$

- El sistema logra estabilizarse en torno al setpoint (-2,5° vertical) luego de una perturbación inicial.

#### Funcionamiento del control PID:

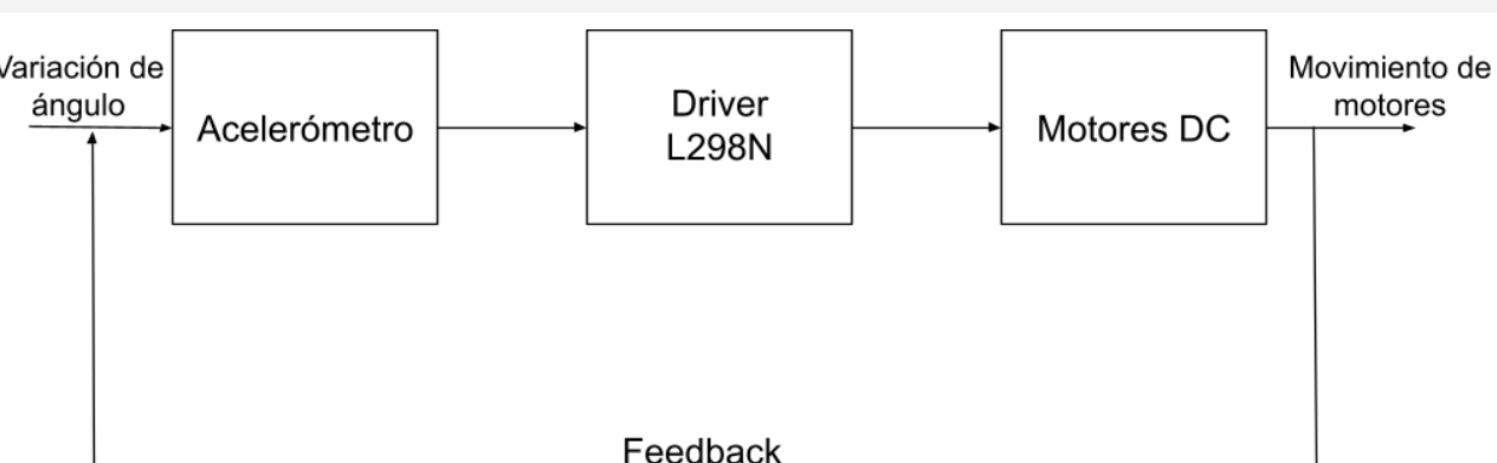


Diagrama del lazo cerrado del robot autobalancín

- El **acelerómetro** mide la variación de ángulo del robot.
- El **controlador** procesa esa información y calcula la corrección necesaria.
- El **driver L298N** recibe la señal de control y ajusta la potencia entregada a los motores.
- Los **motores DC** se mueven para corregir la inclinación.
- El movimiento corregido se **retroalimenta** al acelerómetro, cerrando el lazo y manteniendo el equilibrio.

### Ensamble final:

*Imagen de ensamble  
final.*



### Dimensiones principales:

- Carcasa: 150x84x70 [mm] (largo x alto x ancho)
- Farol: Alto=108 [mm]
- Ruedas: Diámetro = 59 [mm]
- Peso carcasa: 55 [gramos]

### Conclusiones

#### Se logró implementar un control PID para el robot autobalancín

- Se implementó un robot auto-balancín funcional que cumple con los requisitos de estabilidad mediante control PID.
- La ubicación inferior del IMU y el descenso del centro de gravedad, debido a las baterías, fueron factores clave para mejorar la respuesta dinámica.
- El proceso de fabricación mostró oportunidades de mejora, especialmente en la modularidad de piezas estéticas que afectaron elementos estructurales.
- Para geometrías complejas, la tecnología SLA surge como alternativa superior al PLA por su mayor precisión.
- En electrónica, aunque el uso de amarras facilitó las pruebas, un cableado a medida habría optimizado el espacio interno y mejorado la presentación final.

### Referencias

<https://github.com/nans-rer/balancin-ebrio>



# Diseño e Implementación de un Robot Auto-Balanceado de Dos Ruedas con Control PID

## Introducción

El proyecto consiste en el desarrollo de un robot auto-balancín, es decir un robot de dos ruedas capaz de mantenerse en equilibrio de forma autónoma, para esto escogimos llevarlo a cabo mediante motores NEMA 17, drivers EasyDriver y un acelerómetro ADXL345, controlados por un algoritmo PID.

El robot está inspirado en el Oktoberfest alemán, específicamente en la camarera típica de este festival.

El póster presenta los objetivos, metodología de diseño e implementación, calibración del sistema de control y los resultados preliminares obtenidos, junto con una breve discusión de desempeño y las principales conclusiones del trabajo.

## Objetivos del proyecto

### Objetivo General

Diseñar e implementar un robot auto-balanceado de dos ruedas capaz de mantenerse estable mediante control PID.

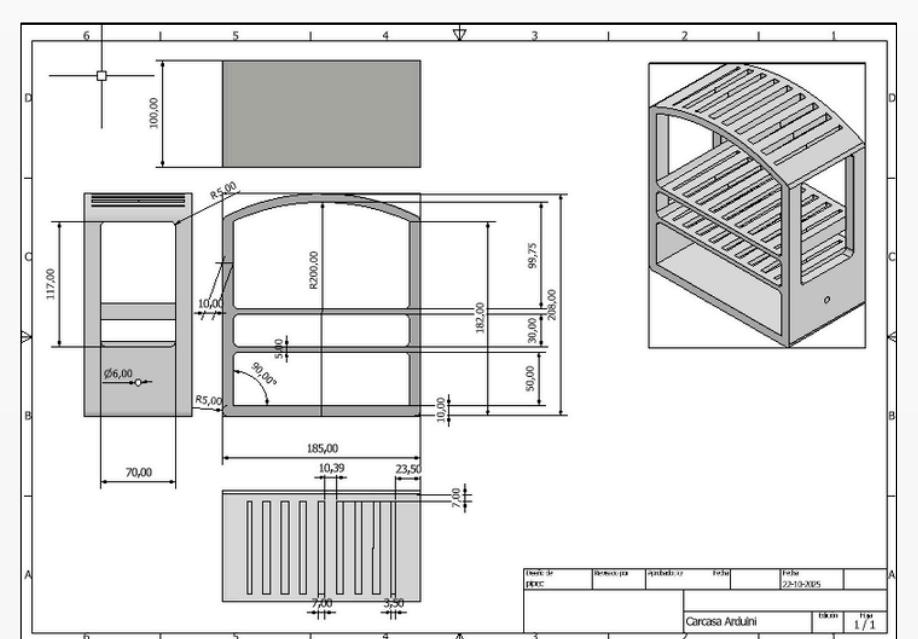
### Objetivos Específicos

- Diseñar** la estructura mecánica y distribución de componentes para favorecer el equilibrio.
- Fabricar** una carcasa 3D optimizada para la estabilidad y montaje del robot.
- Integrar** motores NEMA, drivers EasyDriver y el acelerómetro ADXL345 en el sistema del robot.
- Programar** el control PID y ajustar sus parámetros mediante pruebas experimentales.
- Evaluar** el desempeño del robot mediante pruebas de estabilidad y respuesta dinámica

Matteo Zunino, José Contreras, Felipe Campos, Valentina Suárez  
ME4250 2025-2

## Metodología

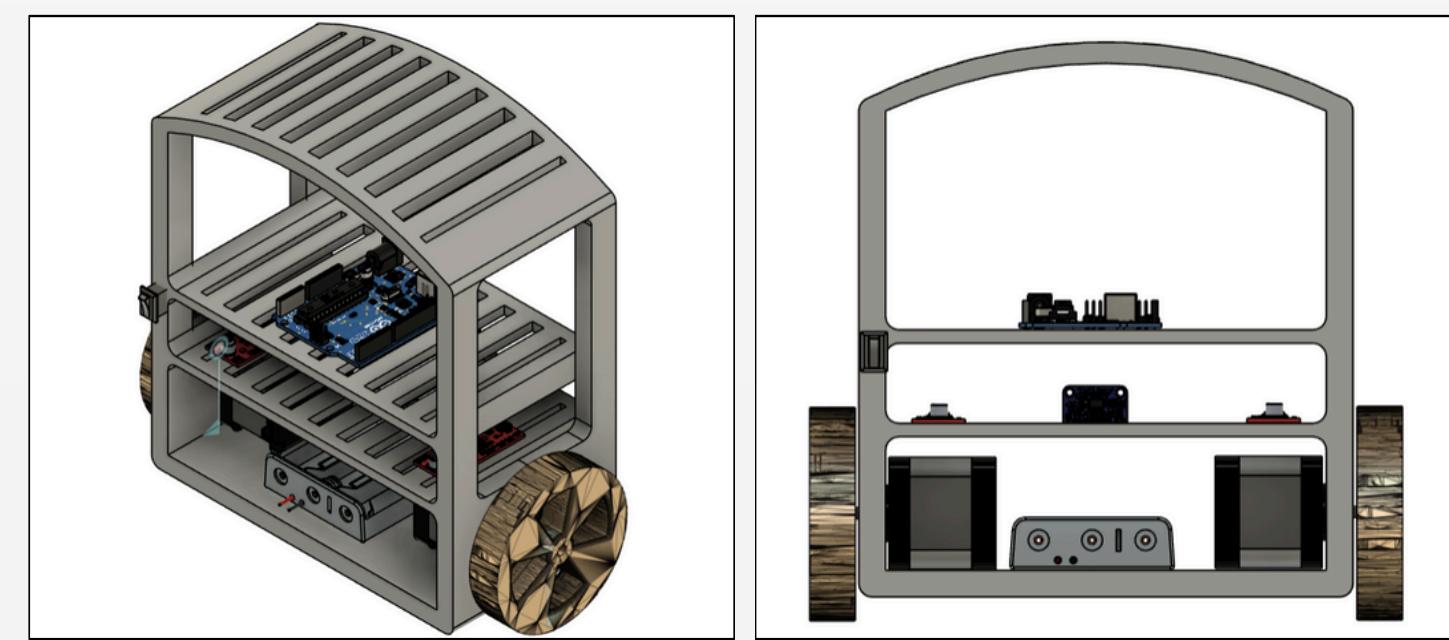
Comenzamos con el diseño CAD de la carcasa, definiendo dimensiones clave como su **ancho característico** de 185 mm. Su fabricación en PLA para obtener una estructura liviana y rígida. Se integraron los componentes principales: motores **NEMA 17**, drivers **EasyDriver**, sensor **ADXL345**, Arduino y PCB asegurando un montaje estable. Finalmente, se programó el controlador PID y se ajustaron sus constantes mediante pruebas para lograr un balance estable del robot.



Plano CAD carcasa .

## Propuesta

La propuesta consistió en desarrollar un robot de dos ruedas con una carcasa de 185 mm, impresa en 3D, que sostuviera firmemente los componentes eléctricos, logrando un diseño equilibrado y funcional, inspirado en el Oktoberfest, e integrando un control PID para controlar el equilibrio.



CAD carcasa con componentes prototipo

## Resultados & Discusión

El robot logró mantenerse cercano al equilibrio gracias a la correcta **integración entre diseño físico y control PID**. La carcasa de PLA, posteriormente modificada para reducir su altura, fue clave para bajar el centro de masa y mejorar la estabilidad. Las conexiones se reforzaron mediante una PCB empernada, eliminando vibraciones que afectaban las lecturas del sensor. El ajuste experimental de las constantes **Kp, Ki y Kd** permitió obtener una respuesta más estable frente a perturbaciones.



Curvas PID, con constantes finales.

Durante el proceso surgieron varios errores: equivocación en primera elección de driver, la carcasa original era demasiado alta, lo que dificultaba el control, además de que faltaba ángulo de desequilibrio por lo que se agrego un chaflan a la carcasa. Estas **modificaciones estructurales** fueron esenciales para mejorar el desempeño final.



Prototipo final del robot con decoración inspirada en las camareras del Oktoberfest, incorporada sin afectar la estabilidad ni el funcionamiento del sistema.

En conjunto, el proyecto demuestra que la característica de diseño más determinante para el funcionamiento fue la **correcta distribución del centro de masa**, combinada con un ensamblaje rígido y un PID ajustado, lo que permitió al robot reaccionar adecuadamente y mantenerse en pie.

## Conclusiones

El robot auto-balanceado cumplió su objetivo principal, logrando mantenerse cercano al equilibrio gracias a la integración efectiva del acelerómetro ADXL345 y del controlador PID. Durante el proceso de realización de este robot, se presentaron diferentes desafíos que obligaron al equipo a reinventar y mejorar progresivamente el diseño y la elección de componentes, hasta llegar a la estructura final. Las pruebas demostraron que el ajuste de Kp, Ki y Kd tuvo un impacto directo en la estabilidad del sistema, confirmando la importancia del proceso de calibración.

En conjunto, el proyecto validó la combinación de diseño mecánico, eléctrico y control PID como una solución efectiva para implementar un robot auto-balanceado simple y funcional.

## Referencias

<https://github.com/valesuarezd/Proyecto-Mecatr-nica-Grupo-1/tree/main>



Martín Batarce, Consuelo Laurie, Benjamín Venegas, Santiago Salas y Francisca Suárez  
ME4250 2025-2

## Introducción

El proyecto de “Robot autobalancín” consistió en integrar los contenidos del curso de Mecatrónica para desarrollar un robot capaz de desplazarse y mantener el equilibrio, funcionando como un sistema de péndulo invertido que requiere control activo continuo para mantenerse estable. Este tipo de sistemas es fundamental en robótica móvil moderna, presente en vehículos de transporte personal y plataformas humanoides. En nuestro caso, además, el diseño consideró una inspiración estética tomada de cortometrajes de Cars y Monsters Inc. de Disney. Dentro de los objetivos principales se incluyó la selección de componentes como motores, drivers y sensores, junto con el diseño y fabricación de la carcasa del robot, balanceando criterios funcionales y estéticos para lograr un ensamblaje simple y un comportamiento mecánico adecuado. Paralelamente, se trabajó en la programación del movimiento y la estabilización del sistema, abarcando desde el control de motores hasta la implementación del algoritmo de equilibrio. El proceso completo, las dificultades encontradas y las reflexiones derivadas se desarrollan en las siguientes secciones.

## Objetivos del proyecto

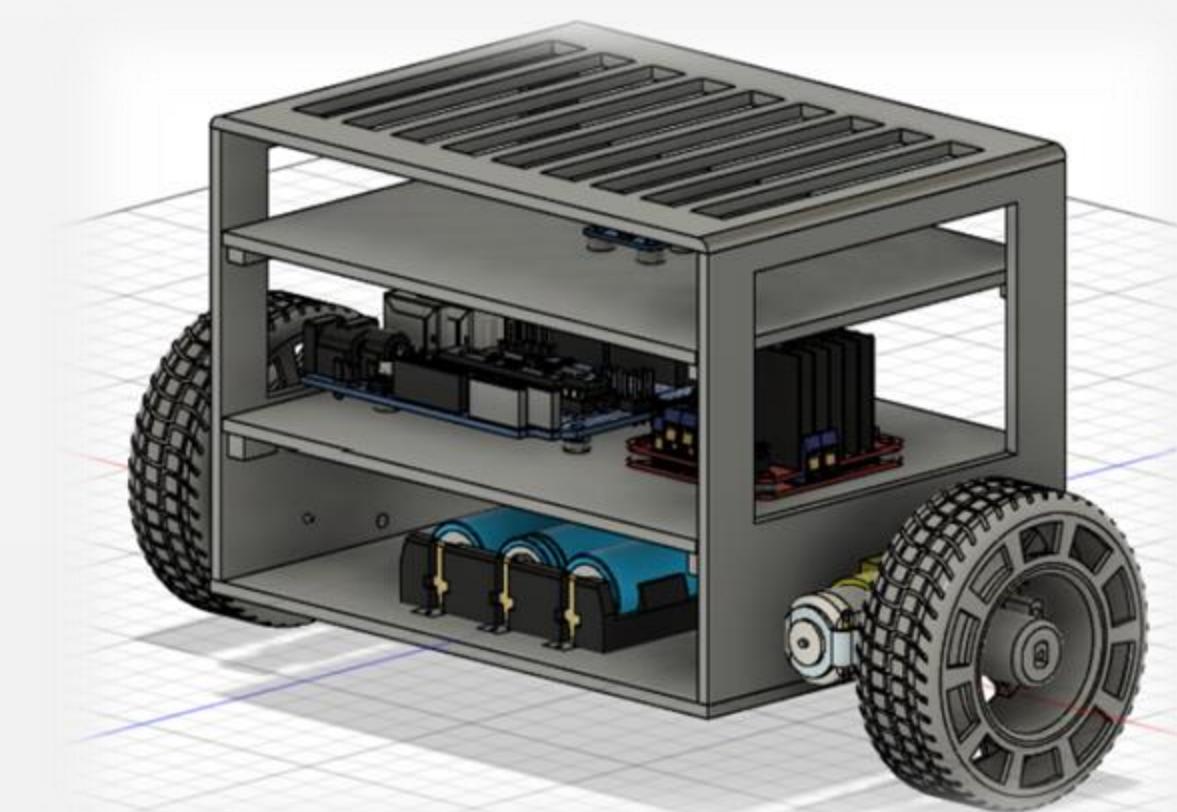
**Objetivo general:** Fabricación de robot autobalancín.

**Objetivos específicos:**

1. Seleccionar motores, drivers y sensores.
2. Diseñar estructura CAD para acomodar motores, sensores, microcontrolador y batería además de su anclaje.
3. Programar funciones para controlar motores
4. Implementar código para los sensores.
5. Montar prototipo y realizar pruebas.
6. Finalizar prototipo en aspectos de ensamblaje, funcionalidad y estética.
7. Implementar control PID con constantes definidas.

## Metodología y Materiales

- **Modelo de CAD:** Realizar un modelo detallado en Fusion 360 para ubicar los distintos componentes (Arduino, motores, pilas, etc). Aquí se priorizó un diseño modular y liviano, para que el movimiento sea más fácil y fluido.
- **Diseño creativo:** A partir del esqueleto CAD se realizan carcchas de prueba y bocetos del diseño.
- **Construcción:** Todas las piezas se imprimieron en 3D con PLA, utilizando las impresoras de LEMUR. También se realizaron compras de pernos, pegamento UHU líquido, tuercas de media pulgada, driver L298-N, sensor MPU6050 y 2 motores DC con reductora. Se utilizaron los materiales proporcionados a inicio de año para el Arduino, cables, etc.
- Las medidas finales del robot son 15x13x13 cm y un peso final de 1,98 Kg, mientras que las ruedas son de 10 cm de diámetro y 3,43 cm de espesor lo que entrega un mejor soporte en comparación a otros robots.
- **Codificación:** El código sigue una estructura modular diferenciando entre las secciones dedicadas al control de motores, sensores y PID. De forma general, se buscó tener un código que fuese sencillo de implementar y a esto se le sumaron algunas opciones para tener un control más fino, tanto para el movimiento del robot como para el manejo de las constantes del PID.



Modelo final de Autocad modelado en Fusion 360

## Resultados & Discusión

El sistema de control PID implementado utiliza el sensor MPU6050 con filtro complementario para medición del ángulo de inclinación. Los motores DC son controlados mediante driver L298-N, permitiendo control bidireccional y ajuste de velocidad por PWM. Las constantes PID finales son [Kp=20, Ki=0,5 y Kd=10], obtenidas mediante método de sintonización Ziegler-Nichols.

El manejo de cables se organizó mediante espacios en la estructura impresa en 3D, evitando enredos y facilitando el mantenimiento. El diagrama de conexiones muestra la integración entre Arduino UNO, sensor MPU6050, driver L298-N y motores DC:

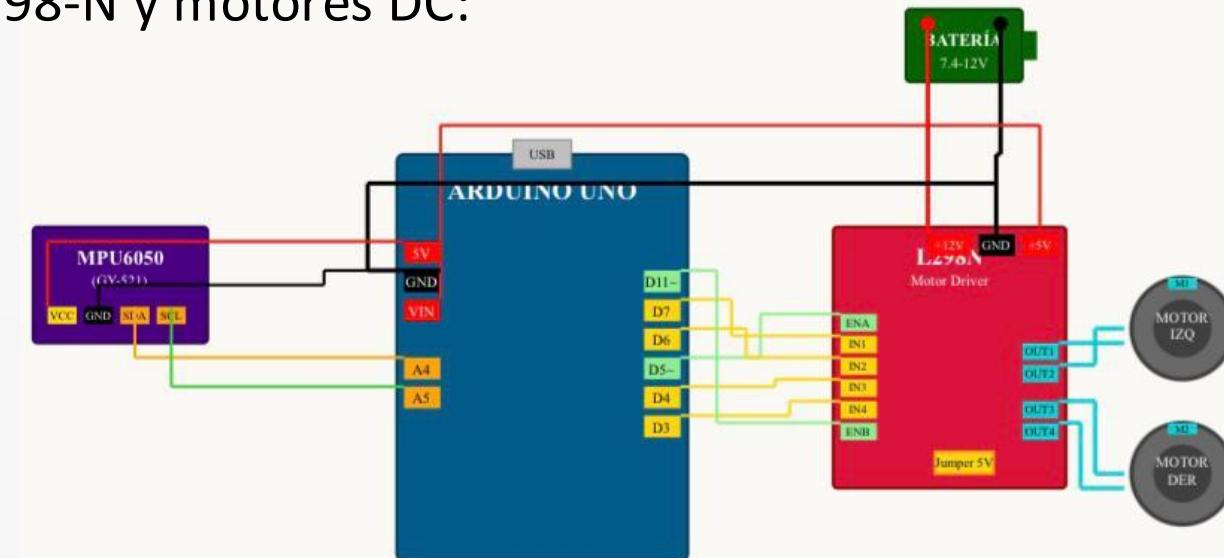
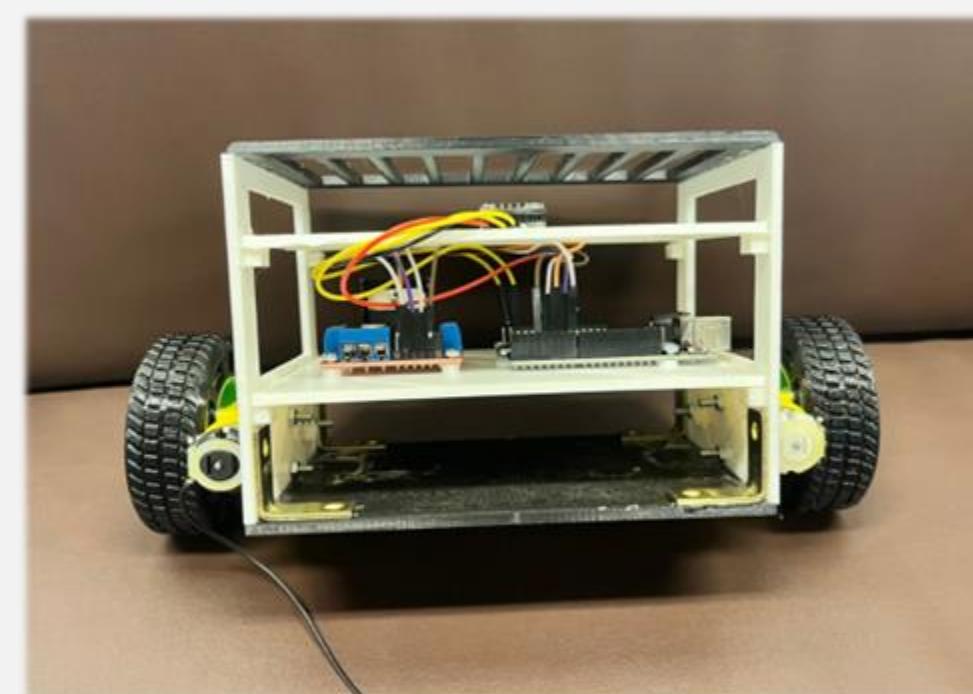


Diagrama de conexiones

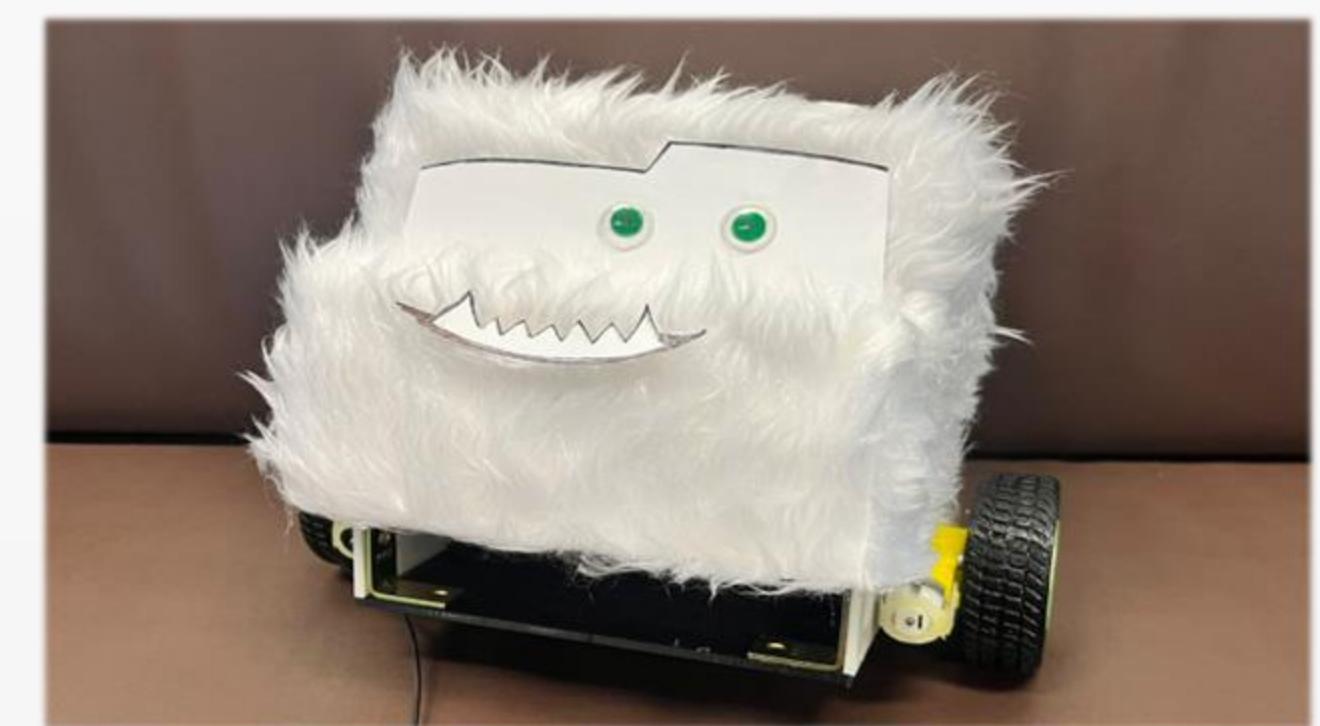
El robot integró distintos contenidos del curso. Primero se implementaron en IDLE las funciones básicas de movimiento mediante microcontroladores, PWM y control de motores. Luego se abordó la estabilización, seleccionando sensores adecuados y ajustando el control para mantener el equilibrio ante perturbaciones externas. Paralelamente, el diseño CAD se fue mejorando con la retroalimentación, optimizando espacio y reduciendo peso. En conjunto, el proyecto fue incorporando de forma progresiva los contenidos trabajados semana a semana.



Modelo finalizado sin su carcasa

## Desafíos Técnicos Resueltos:

- Distribución de peso: El centro de masa inicial estaba alejado del eje de motores generando inestabilidad. Se reubicaron componentes (batería en base inferior, Arduino y PCB centrados) minimizando esta distancia crítica.
- Ruido en sensor: El MPU6050 presentaba oscilaciones en las lecturas. Se implementó filtro complementario combinando datos de acelerómetro y giroscopio, estabilizando significativamente las mediciones.



Modelo finalizado con su carcasa

## Conclusiones

El proyecto integró exitosamente diseño CAD modular, selección de actuadores/sensores e implementación de control PID.

La modularidad resultó fundamental: diseñar piezas independientes permitió modificaciones iterativas sin rediseñar todo el sistema. Esto fue crítico durante pruebas, donde ajustes de distribución de peso y posicionamiento fueron necesarios para optimizar el control.

Se logró un robot auto-balancín funcional cumpliendo los requisitos establecidos, demostrando la integración efectiva entre estructura mecánica, electrónica de potencia y algoritmos de control.

## Referencias

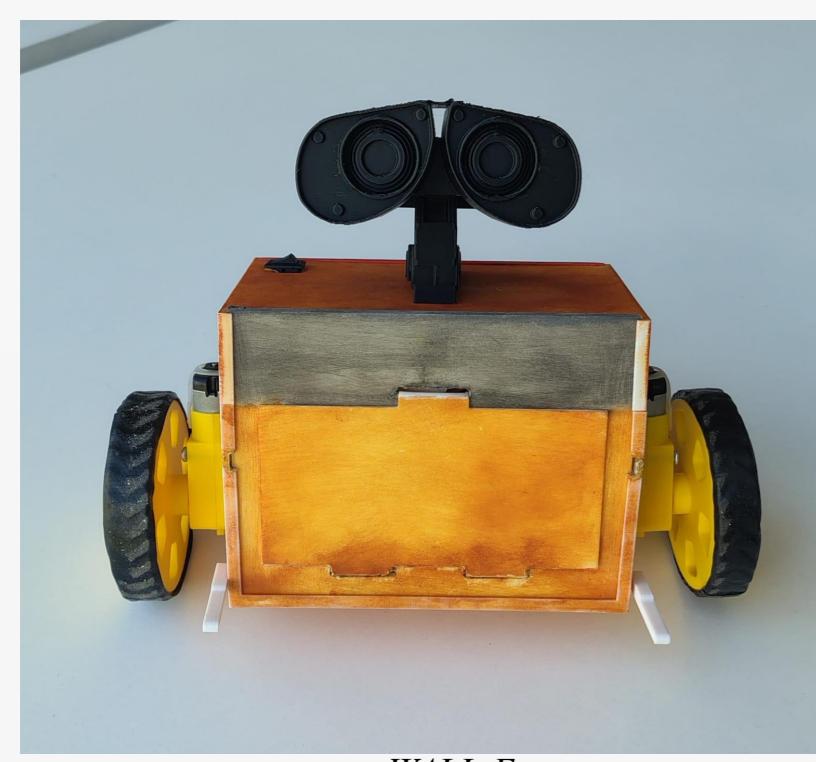
A Continuación se encuentra un Código QR donde se puede acceder a todos los archivos del Proyecto.



## Camila Aravena, Carlos Aravena, Jan Fergusson, Marcelo Guaquel, Antonella Savoy ME4250 2025-2

### Introducción

El proyecto tiene el objetivo de construir y programar un carrito auto-balancín para lo cual se comenzó diseñando variados prototipos en CAD, los que luego se imprimieron en 3D con PLA. Luego de montar todo el cableado, se procede con la programación según la etapa del proyecto, que contempla el control de los motores, la implementación del sensor y el control PID. En el apartado de resultados se hicieron varias observaciones sobre los mismos. Estas discusiones se resumen en la conclusión del proyecto, donde también se proponen maneras de mejorarlo. Para darle mas personalidad al proyecto, decidimos hacer un WALL-E de la película de Pixar.



WALL-E.

### Objetivos del proyecto

#### Objetivo General:

- Crear un robot auto-balancín con diseño original.

#### Objetivos Específicos:

- Diseñar un carro que cumpla con condición de estabilidad inercial, minimizando la altura del centro de masa.
- Programar en Arduino un par de motores que le permitan al carro avanzar y retroceder según el ángulo de posición que mida un sensor.
- Programar en Arduino control PID a aplicar sobre el sistema de motores y sensor, tal que este se pueda balancear de forma autónoma.

### Metodología

El grupo espera que el robot trabaje de la siguiente lógica:

Se apoya el carro sobre una superficie y se enciende el interruptor.

Inicio

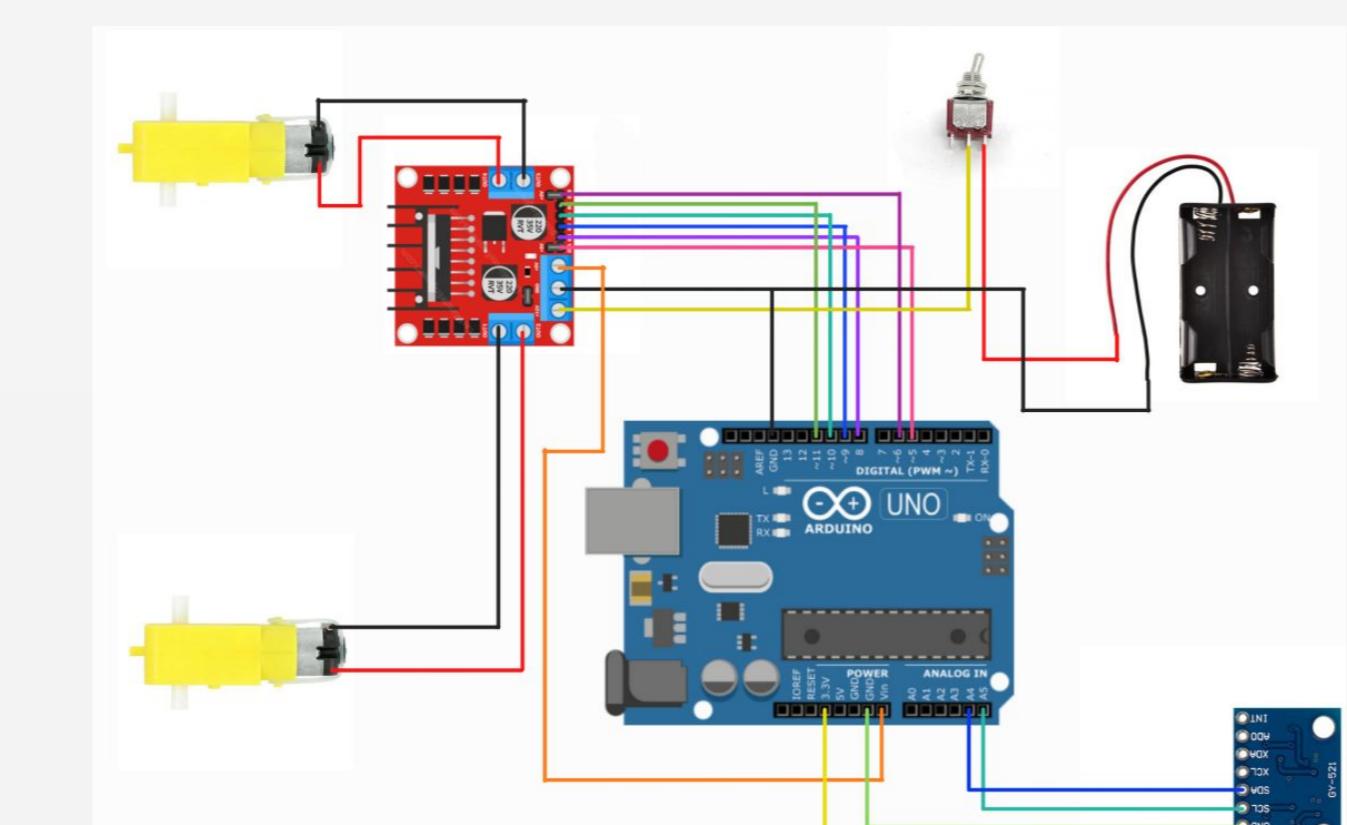
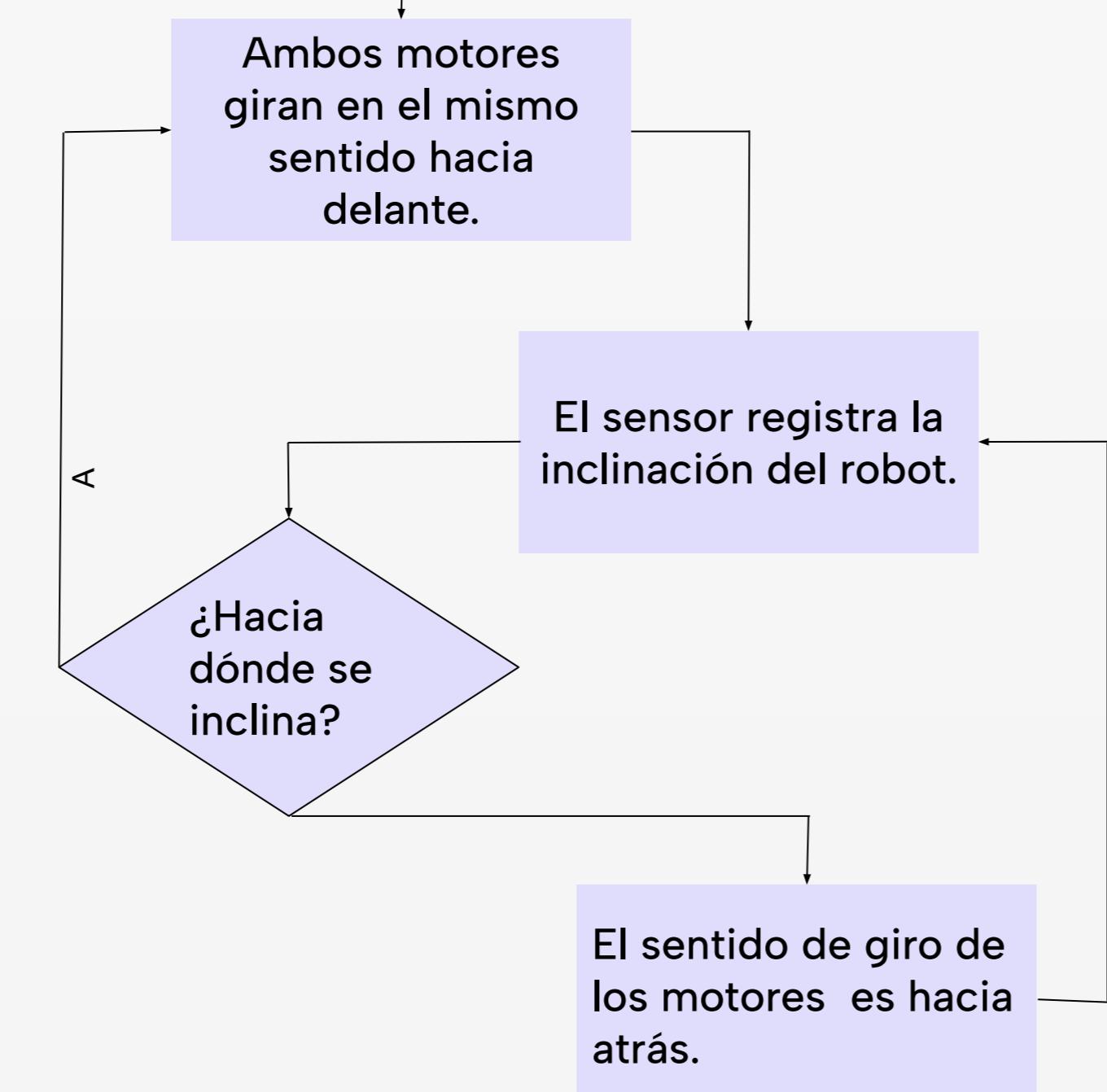
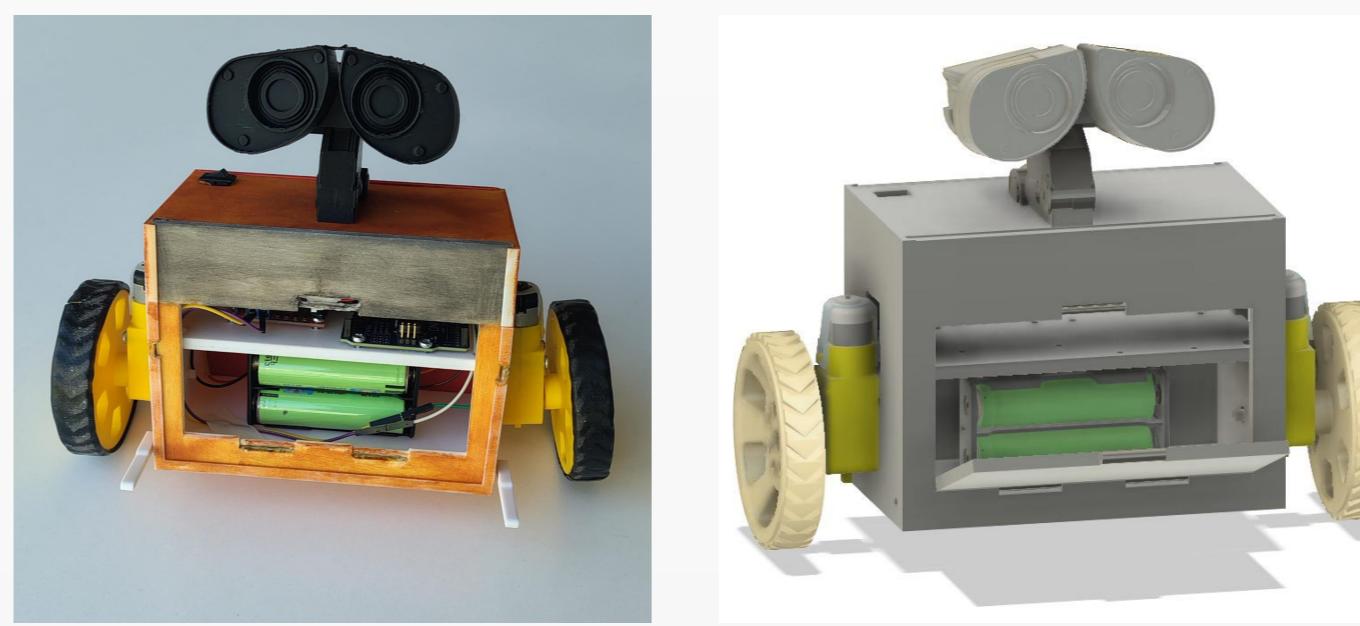


Diagrama de lazo cerrado.

### Resultados & Discusión



WALL-E prototipo. WALL-E en CAD..

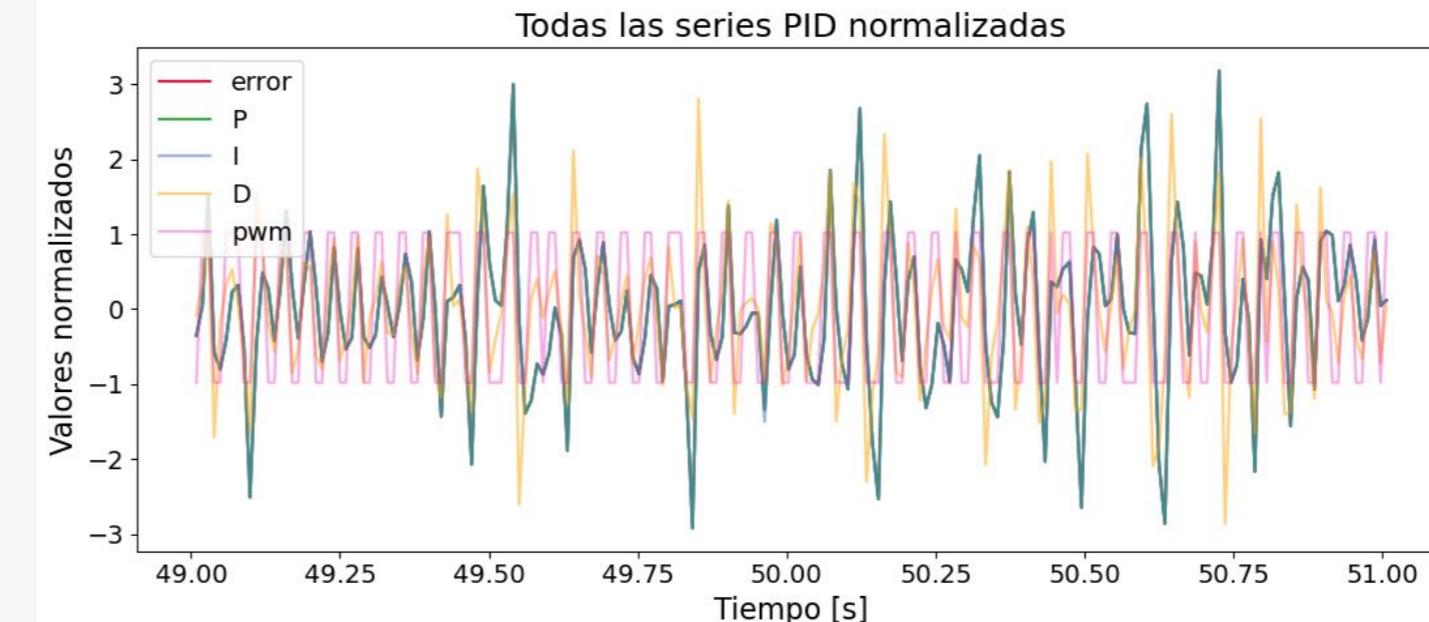


Gráfico de los factores PID junto a PWN y error normalizados.

$$K_p = 850 ; K_i = 10 ; K_d = 120$$

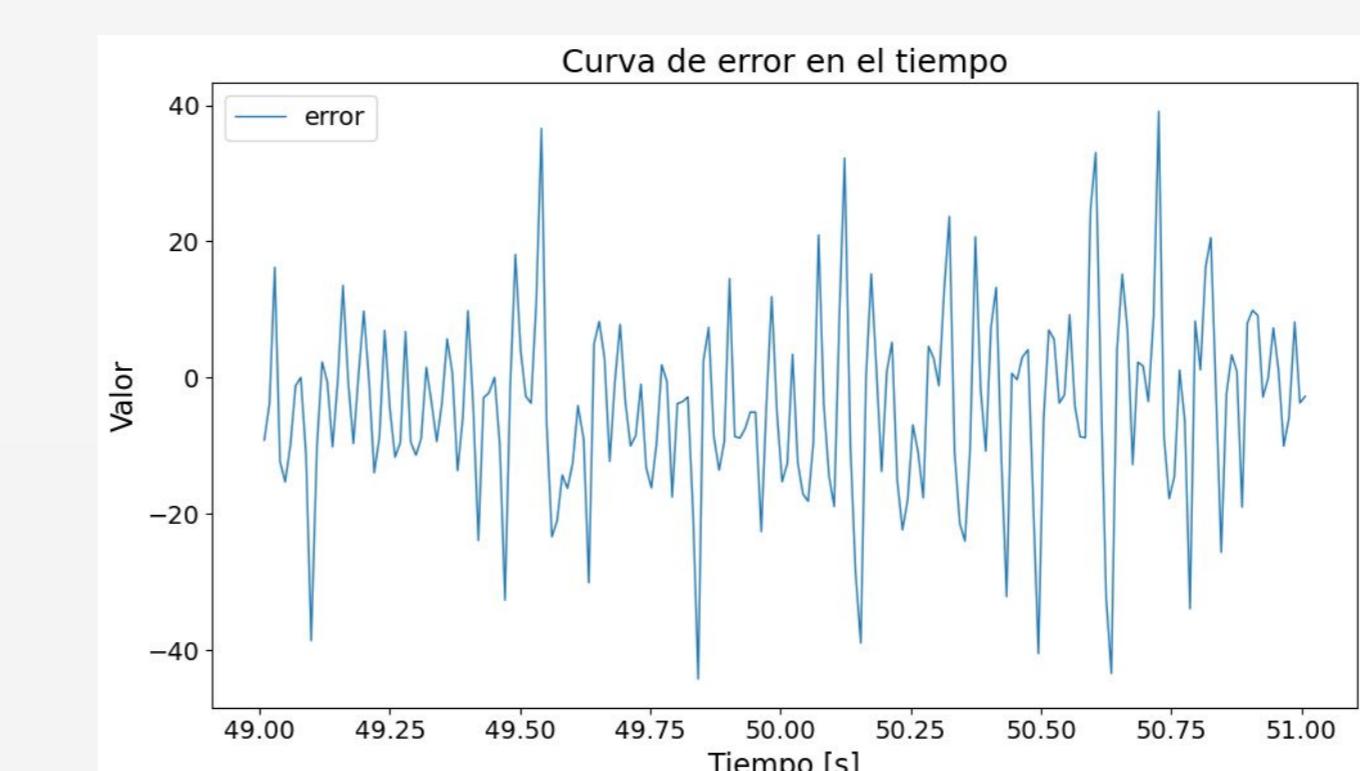


Gráfico de error en función del tiempo.

Al ser la primera vez que se pintaba el prototipo, no se anticipó que la capa de pintura aumentaría el espesor de las piezas deslizables. Como consecuencia, fue necesario lijar las superficies, lo que elevó la temperatura del PLA y provocó una expansión lateral de las piezas. Es por ello que también se requirió lijado para reducir el ancho.

En relación con el diseño electrónico, no se utilizó una placa PCB por dos razones principales. Primero, el uso de dos motores DC permitió emplear un puente H como controlador. Segundo, la opción de usar PCB podía ser sustituida fácilmente con la perforación de agujeros en la placa intermedia, permitiendo el paso directo de los cables.

Con respecto al manejo de cables, no se realizó un análisis más exhaustivo sobre la disposición de los cables, solo que algunos que iban a estar verticales, otros horizontales y todos debían de tener espacio correctamente en el robo. Sin embargo, aquellos con trayectorias similares fueron agrupados utilizando masking tape.

Además, se identificaron problemas relacionados con la orientación de las ruedas. Se observó que su disposición afectaba negativamente tanto la capacidad de giro como la fluidez del desplazamiento. El robot retrocedía sin inconvenientes, pero al avanzar las ruedas no completaban su rotación de manera uniforme, generando un movimiento irregular y poco preciso.

Durante las pruebas del PID —empleando las mismas constantes de la presentación 3— se observó que, con el robot suspendido, las ruedas reaccionaban con distinta intensidad, lo que sugiere un posible desgaste desigual entre los motores. Aun así, ambas respondían simultáneamente a los cambios de orientación. No obstante, cuando las ruedas hicieron contacto con el suelo, el torque no fue suficiente para mover el robot. Para corregir esto, se incrementó la constante proporcional y se implementó un ajuste dinámico del PWM que aumentaba la potencia ante errores pequeños. Pese a estas mejoras, el sistema continuó siendo inestable y, en algunos casos, el robot mostró comportamientos impredecibles, avanzando sin control en una dirección.

### Conclusiones

Para la siguiente iteración será necesario aumentar las tolerancias de las piezas que deben deslizar tras la pintura y mejorar el montaje de los motores, garantizando superficies de contacto más uniformes para asegurar la correcta alineación de las ruedas. Esto debería mejorar la estabilidad del movimiento. Finalmente, se sospecha que el desempeño irregular del PID estuvo influido por el desgaste de los motores utilizados durante todo el semestre, ya que en las pruebas finales quedó demostrado que son capaces de mover el robot y el problema no tiene que ver con la potencia de los motores.

### Referencias



<https://github.com/caamigg/ME4250-Robot-Auto-Balancin>

# Robot Motocicleta Auto balancín.

Bruno Muñoz, Esteban Zamora, Ismail Hamed, Joaquín Roco, Tomás Agurto.  
ME4250-2 2025-2

## Introducción

El presente póster se enmarca en el proyecto semestral del curso de mecatrónica, el cual consiste en la creación de un robot de 2 ruedas que pueda auto balancearse a partir de un sistema de control con actuadores, aplicando en el proceso los distintos elementos aprendidos en el curso.

Dentro de estos elementos se encuentra por ejemplo el manejo del Arduino, entendimiento del funcionamiento de motores y sensores, programación y calibración del sistema, entre otros.

A partir de lo anterior, en este póster se muestran las distintas etapas ocurridas en el desarrollo del proyecto, desde el diseño CAD, estética escogida, metodología en selección de componentes e implementación del controlador PID. Finalmente se expresan los resultados obtenidos y se discute al respecto.

## Objetivos del proyecto

### Objetivo principal:

- Elaboración de un prototipo de robot balancín con una estética personalizada a partir de los elementos de funcionamiento entregados por el cuerpo docente.

### Objetivos específicos:

- Realizar un modelo CAD en Fusion del diseño a ocupar.
- Elegir los motores y sensores a ocupar.
- Fabricar piezas para ensamblar el prototipo.
- Generar un código para movimiento de motores, calibración de sensor y finalmente control de PID para auto balancearse.
- Calibrar constantes del PID para un óptimo control de balancín.
- Implementar elementos estéticos en el robot a partir de la estética elegida.

## Propuesta/Metodología

### Propuesta conceptual:

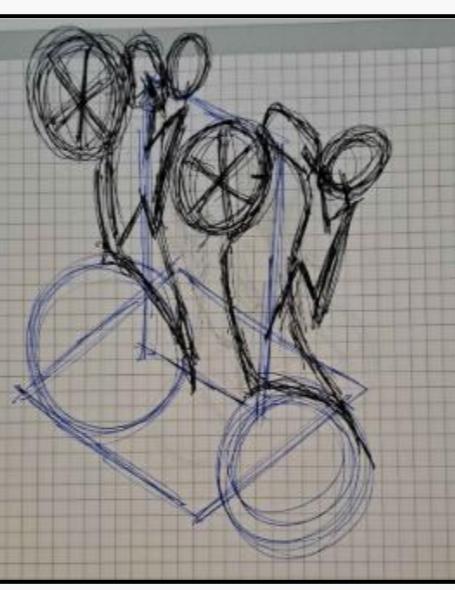
Para la estética del robot se ocupó como inspiración a un motorista realizando un *Wheelie*, de manera que al ver de perfil el robot, genere en el observador la sensación de estar viendo una motocicleta realizando esta acción.



Motociclista realizando un *Wheelie*, idea conceptual ocupada para prototipo.

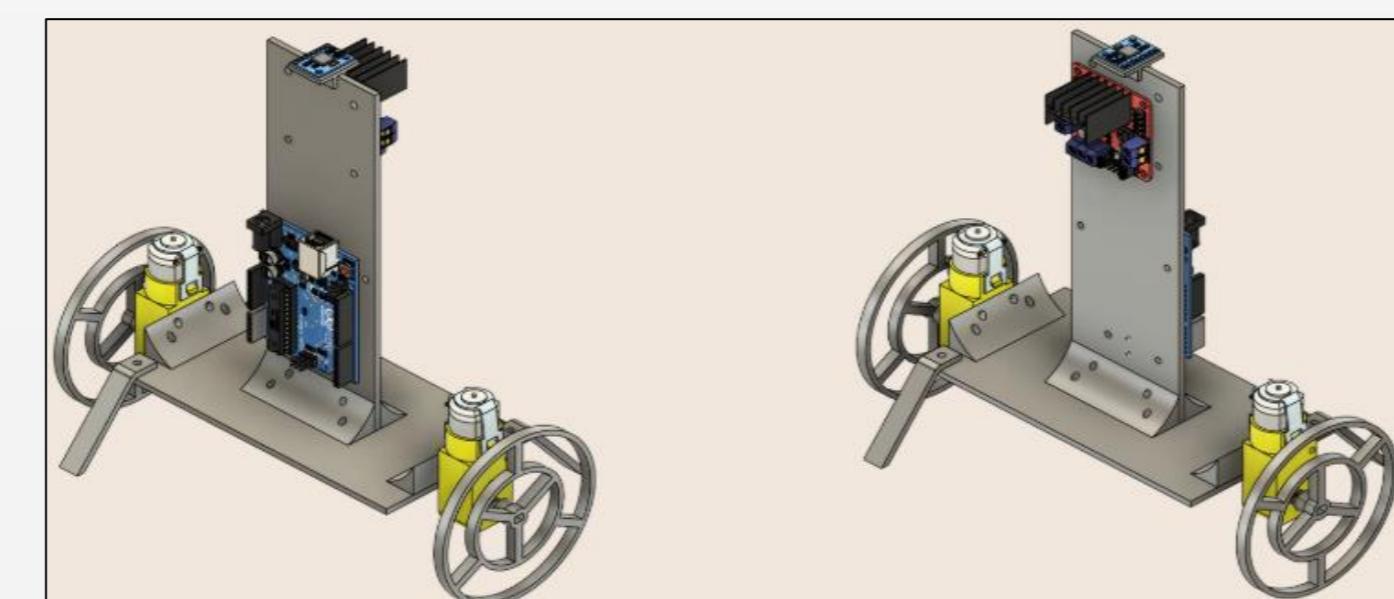
### Metodología de diseño:

En cuanto al diseño, se buscó que el chasis del robot fuera liviano, hecho con materiales de bajo coste y fácil manufactura, modular, y que permitiera un montaje final simétrico con un bajo centro de masa, permitiendo así que el robot tenga un buen comportamiento dinámico, así como también permita un fácil escondite de los componentes detrás de la carcasa decorativa.



Primer boceto del prototipo.

Para ello se decidió usar una base rectangular, donde se montan las ruedas con los motores, con una placa vertical en el centro, en la cual se ensamblan los componentes electrónicos.



Diseño CAD final del prototipo.

### Metodología de programación y controlador PID:

Para el funcionamiento, inicialmente se elaboró un código simple para permitir el movimiento de los motores DC, al cual en etapas posteriores se agregaron funciones para la detección de las lecturas del sensor, integrando finalmente todos los elementos en el controlador PID.

La metodología para encontrar las constantes del PID ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) fue experimental, siendo modificadas en función del comportamiento del prototipo.

## Resultados & Discusión

Para el funcionamiento del robot ya terminado, primero tenemos que el movimiento del robot es detectado por el sensor (ADXL345), el cual envía datos de aceleración al Arduino, elemento correspondiente al "cerebro" del robot. En él se procesan los datos, y mediante el algoritmo programado y calibrado, determina el ángulo de inclinación y entrega como consecuencia una señal de respuesta que tiene como objetivo corregir la desviación del robot.

Esta señal llega al driver (L290N), el cual se encarga de controlar la acción de los 2 motores (DC 6V) de manera de mantener la verticalidad del robot. Todos los sistemas son energizados por una batería.

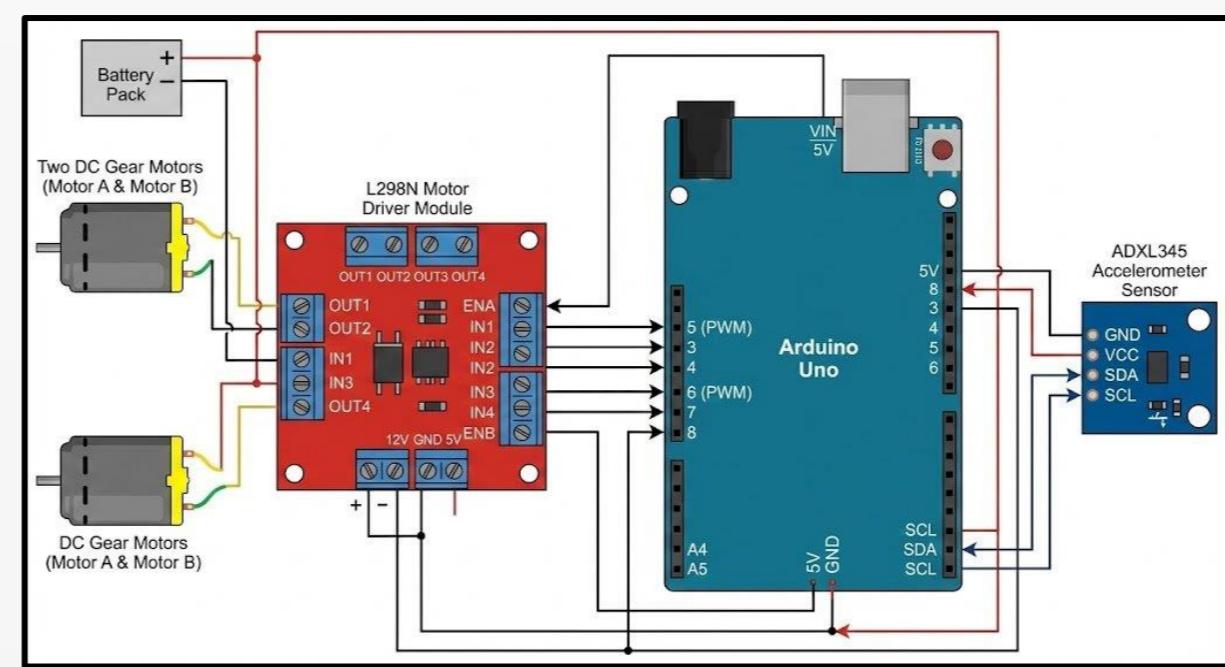
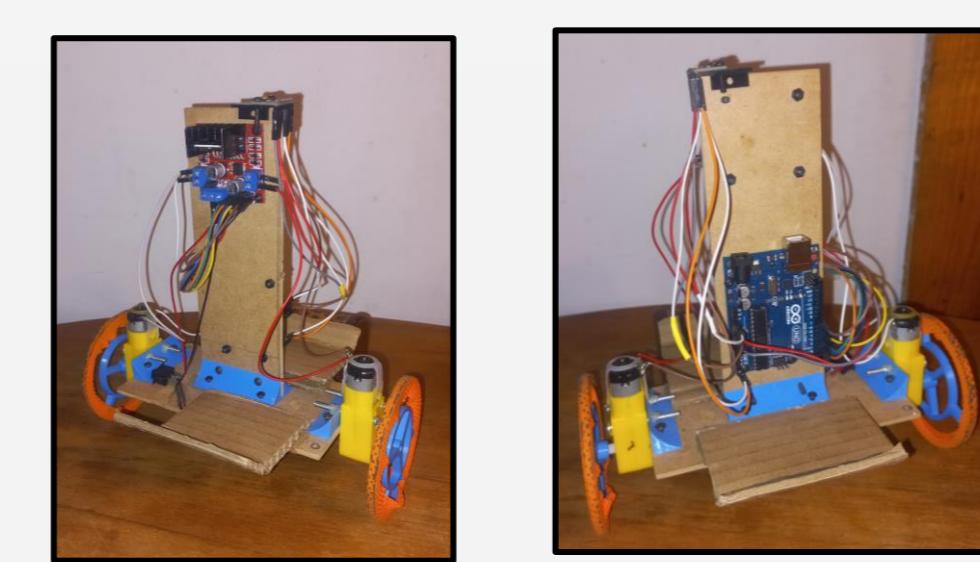


Diagrama de conexiones.

En cuanto al resto del ensamblaje, para cumplir con los objetivos de diseño antes descritos, ambas placas fueron realizadas de madera MDF, mientras que las uniones, soportes y ruedas fueron realizadas en impresión 3D, debido a que resultaban más fáciles de manufacturar debido a dimensiones y formas.



Montaje final

Por parte del controlador PID, el funcionamiento óptimo del robot se obtuvo los siguientes valores de constantes:

- $K_p = 25$
- $K_i = 2$
- $K_d = 6$

- $K_p = 25$ : Provee la fuerza necesaria para levantar el peso muerto del robot.
- $K_d = 6$ : Actúa como freno electrónico, amortiguando la oscilación inercial.
- $K_i = 2$ : Elimina el *drift* o error de inclinación residual.



Se requirió una ganancia proporcional alta para vencer el torque gravitacional y una derivativa fuerte para amortiguar la inercia. Fue indispensable implementar un *offset* de PWM (+90) para compensar la zona muerta mecánica de los motores.

## Conclusiones

El prototipo desarrollado logró equilibrarse de manera exitosa utilizando un controlador PID con datos del sensor IMU, permitiendo una respuesta favorable en un gran rango de inclinaciones.

Adicionalmente, los conocimientos adquiridos a lo largo del curso fueron cruciales para el resultado obtenido, especialmente al momento de valorar las distintas opciones de motores, driver y sensores, así como al momento de integrar los sistemas en el código, como para calibrar las constantes del controlador PID.

En las pruebas realizadas se identificaron mejoras posibles en la filtración del sensor y en la precisión del control para obtener un movimiento más estable. A pesar de lo anterior, podemos concluir que se cumplieron con éxito todos los objetivos propuestos.

## Referencias

<https://github.com/IsmailHamedC/Robot-auto-balanc-n>



LUIS ROSSO C. -AGUSTÍN MONTERO C. - MANUEL PÉREZ R. - EMILIO BERGEZ A.

ME4250-1 2025

## Introducción

Este proyecto aborda el desafío del péndulo invertido mediante el diseño y construcción de un robot móvil de dos ruedas capaz de mantenerse en equilibrio por sí mismo.

El sistema combina control automático, electrónica embebida y diseño mecánico, dando lugar a un prototipo funcional con estética inspirada en Guido.

El objetivo principal fue lograr el equilibrio autónomo mediante un controlador PID. Para ello, se diseñó una estructura que integrara los componentes electrónicos y actuadores, y se modeló una carcasa temática que no comprometiera el centro de gravedad.

Finalmente, se llevó a cabo un proceso iterativo de sintonización de las constantes del PID hasta obtener un comportamiento estable ante pequeñas perturbaciones.

## Objetivos del proyecto

### Objetivo general:

- Diseño y construcción de un robot autobalancín funcional.

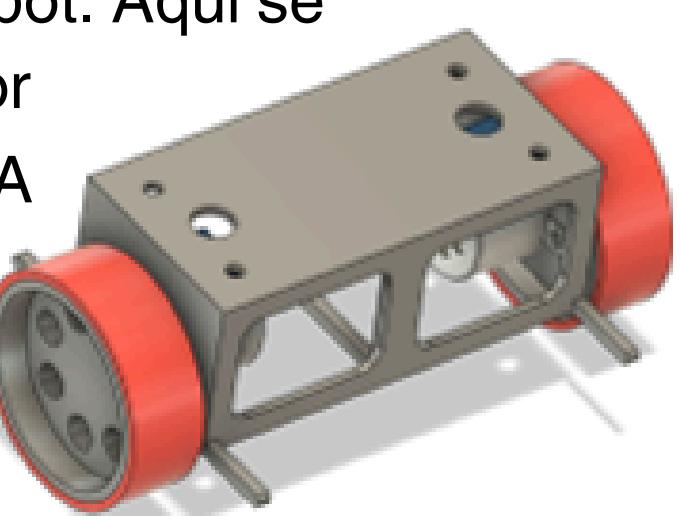
### Objetivos específicos:

- Integrar actuadores DC, controladores de potencia y sensores inerciales (IMU).
- Implementar y sintonizar un algoritmo PID en un microcontrolador Arduino Mega.
- Fabricar un chasis funcional y una carcasa estética que respete el centro

## Propuesta/Metodología

### Avance 1:

Se comenzó por una propuesta inicial del chasis y los componentes básicos para el movimiento del robot. Aquí se consideró un motor paso a paso NEMA 17 junto con un controlador DRV8825.



### Avance 2:

Se optó por cambiar la elección de los NEMA 17 a motores DC con reducción. Además se diseñó un nuevo chasis para integrar los NEMA 17 y componentes clave como la fuente de alimentación, el giroscopio y el microcontrolador.



### Componentes Seleccionados:

Microcontrolador: Arduino Mega 2560 R3  
Motores: Motorreductor DC estándar  
Controlador Motor: Puente H (L298N)  
Sensor: Giroscopio (GY-521)  
Baterías: 3 baterías de litio 18650

### Avance 3:

Una vez que se tiene el esqueleto con todos los componentes para el movimiento y balance del robot, se crea la carcasa con la temática de Guido de la película Cars. La carcasa en sí, se diseñó de tal forma de mantener el centro de gravedad,

Además cuenta con superficies frontales y traseras que evitan la caída del robot.



Finalmente para obtener las constantes del PID, primero se ajustó K<sub>p</sub> hasta inducir oscilaciones alrededor del equilibrio. Luego se calibró K<sub>d</sub> para amortiguar estas vibraciones y finalmente K<sub>i</sub> para corregir errores asociados al desplazamiento del centro de gravedad.

## Resultados y Discusión

### Constantes del PID:

- Proporcional: K<sub>p</sub> = 45
- Derivativa: K<sub>d</sub> = 0.6
- Integrativa: K<sub>i</sub> = 0.01

El desempeño del sistema se vio afectado por factores como el peso de la carcasa, el cambio de ruedas y variaciones en la geometría del chasis, lo que obligó a reajustar las constantes varias veces. Además, perturbaciones como el roce con el suelo o el retardo de los motores generaron oscilaciones adicionales que requirieron un afinamiento continuo del controlador PID.

## Conclusiones

El proyecto Guido demostró que la iteración crítica es un proceso fundamental en ingeniería. A pesar de las fallas iniciales en algunos componentes, el rediseño modular permitió integrar mejoras y desarrollar un robot plenamente funcional. En conjunto, el sistema confirmó la eficacia del control PID para abordar problemas asociados a la inestabilidad y mantener un comportamiento estable durante su operación.

## Enlaces y Referencias



Vittorio Giannetti, Francisca Henríquez, Julio Dufflocq, Tomás Wityk

ME4250 2025-1

## Introducción

Los robots auto-balanceados representan un caso de estudio relevante en la mecatrónica, ya que combinan el **control dinámico**, **sensores inerciales** y **diseño mecánico**. Su construcción permite aplicar conocimientos de electrónica, programación y manufactura digital, lo que justifica la elección del proyecto.

El objetivo general del trabajo es **diseñar** y **construir** un robot auto-balancín con una temática representativa. Entre los objetivos específicos se incluyen el ensamblaje de los componentes, la selección adecuada entre corte láser e impresión 3D y la implementación de un sistema de control basado en un sensor giroscópico.

Se plantea como hipótesis que un **diseño iterativo** y **bien calibrado** permitirá que el robot mantenga su **equilibrio** de forma estable. Para efectos de este proyecto, se define un robot auto-balancín como un sistema de dos ruedas que utiliza retroalimentación sensorial para conservar su posición vertical.

## Objetivos

### Objetivo general:

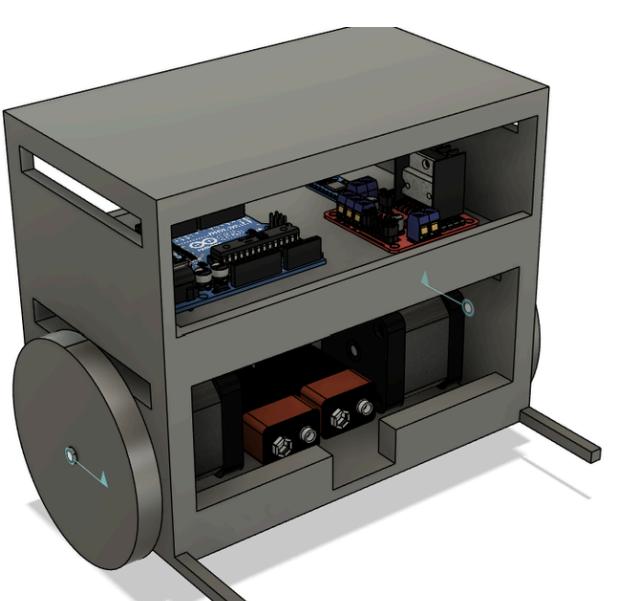
- **Diseñar** y **fabricar** un robot auto-balancín que integre una temática representativa y coherente con su propósito.

### Objetivos específicos:

- **Escoger** y **ensamblar** adecuadamente los componentes electrónicos y estructurales del robot.
- **Determinar** la viabilidad de utilizar corte láser (acrílico) o impresión 3D (PLA) según las necesidades funcionales y estéticas de cada pieza.
- **Fabricar** piezas estructurales del robot auto-balancín en PLA o acrílico.
- **Desarrollar** y **programar** un sistema de control basado en un sensor giroscópico que permita mantener el equilibrio del robot.

## Metodología

1. Se propone un diseño preliminar de la carcasa, el cual es iterado y mejorado sucesivamente.
2. Se ensamblan todos los componentes eléctricos dentro de la carcasa y se conectan con cables.
3. El código se desarrolla y se prueba directamente en la carcasa con los componentes ya integrados.
4. Se incorpora una impresión 3D de un mayordomo chimpancé para otorgar la temática del proyecto y se añaden las ruedas de un auto RC.
5. Se prueba el robot y, en caso de presentarse algún problema, se retrocede al paso correspondiente para iterar y corregir.

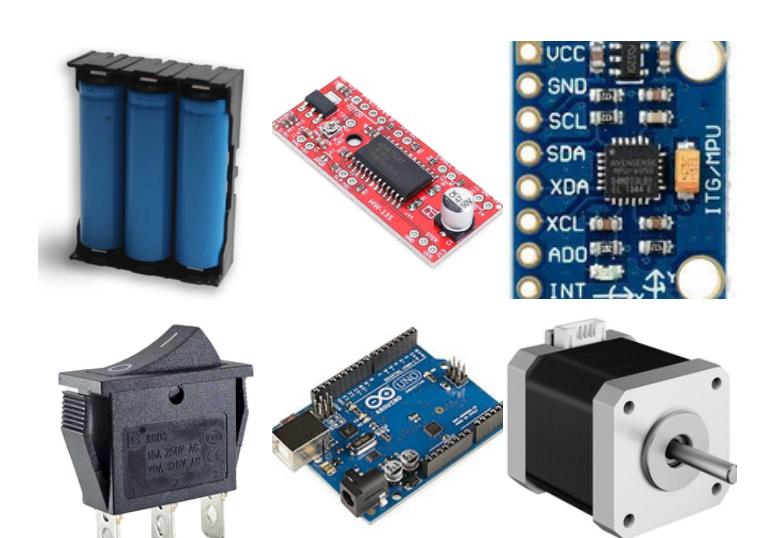


Primera iteración para la caracasa.

## Propuesta

En primera instancia, se propone como temática que el robot se asimile a un chimpancé montando un scooter Segway.

### Componentes eléctricos y mecánicos:



- 3 Baterías de litio de 3.9 V.
- 2 Controladores de motor HW-135.
- Sensor GY-521.
- Interruptor de 3 pines.
- Arduino UNO.
- 2 Motores NEMA17.
- Ruedas de auto RC.

## Resultados

### 1. Carcasa:

Tras varias iteraciones, se concluyó que la mejor opción para la carcasa del robot es construirla por **módulos**, es decir, que sea completamente desmontable. Esto permitirá un acceso más cómodo a los componentes internos y facilitará la gestión de las conexiones.



Diseno final para la carcasa y decoración del robot auto-balancin.

### 2. Conexiones:

Las conexiones que se usaron se pueden visualizar en el siguiente diagrama:

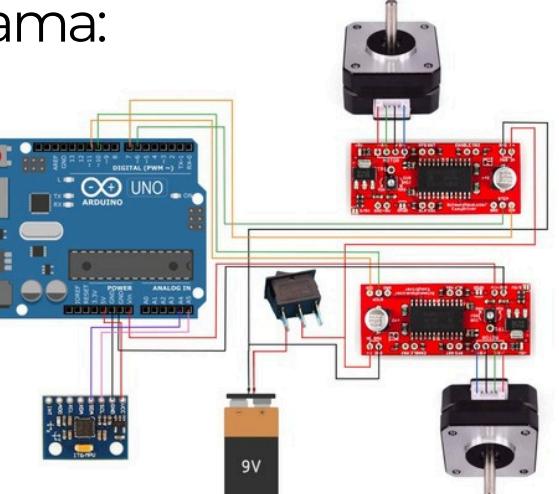


Diagrama de conexiones de los componentes electrónicos utilizados en el robot.

### 3. Controlador:

El sistema de control empleado es un **PID**. Los valores obtenidos para las constantes son:

- **Kp: 4.0**
- **Kd: 0.0**
- **Ki: 1.8**

### 4. Otras consideraciones:

- Para los **apoyos** se emplean palitos de helado pequeños, ya que pueden romperse y resulta conveniente que su reemplazo sea rápido y sencillo.
- Para asegurar que el chimpancé y las botellas que lleva permanezcan fijos, se utiliza una **masilla adhesiva**.
- Además, para algunas partes de la carcasa se recurrió al corte láser en acrílico, especialmente en las paredes planas.

## Discusión

El desarrollo del robot auto-balancín permitió explorar la integración de aspectos mecánicos, electrónicos y de control. Durante el ensamblaje, se evidenció la importancia de planificar cuidadosamente la disposición de los componentes, especialmente las conexiones de alimentación hacia los controladores y el Arduino, las cuales presentaron dificultades iniciales que requirieron ajustes y reorganización.

El proceso de fabricación también mostró la relevancia de seleccionar adecuadamente la técnica según la pieza: el corte láser resultó más eficiente para elementos planos y rígidos en acrílico, mientras que la impresión 3D fue útil para componentes volumétricos y decorativos. Esta combinación permitió optimizar tiempo y materiales.

En cuanto al control del robot, la programación basada en un sensor giroscópico demandó varias iteraciones para alcanzar un equilibrio estable, lo que permitió comprender de manera práctica los principios del control mecatrónico y la necesidad de ajustes finos en sistemas reales.

En general, los desafíos encontrados y las decisiones tomadas durante el proyecto proporcionaron un aprendizaje significativo sobre la relación entre diseño, funcionalidad y fabricación, así como sobre la importancia de la experimentación y la adaptación en proyectos mecatrónicos.

## Conclusión

El proyecto permitió construir un robot auto-balancín funcional y coherente con la temática propuesta, integrando aspectos mecánicos, electrónicos y de control. Se superaron desafíos en el ensamblaje y las conexiones eléctricas, así como en la calibración del sistema de control, lo que fortaleció la comprensión práctica de los principios mecatrónicos. En conjunto, se logró un prototipo operativo, estable y estéticamente consistente, cumpliendo los objetivos planteados.