



# Brazo robótico con cámara única para recolectar fresas mediante Deep Learning

Trabajo Fin de Grado  
David Campoamor Medrano  
5 de junio de 2025



©2025 David Campoamor Medrano

Algunos derechos reservados.

*Este trabajo se entrega bajo licencia CC-BY-SA 4.0.*

# Contenidos

**01**

**Introducción**

**02**

**Estado del arte**

**03**

**Objetivos**

**04**

**Plataforma  
de desarrollo**

**05**

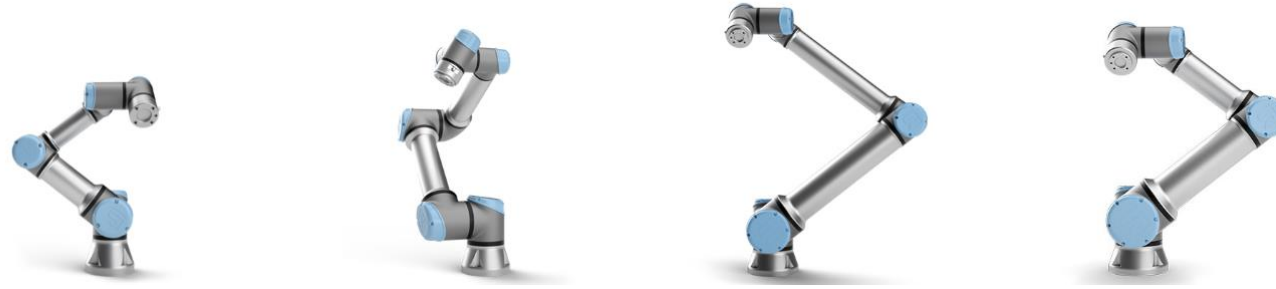
**Descripción  
del sistema**

**06**

**Conclusiones**

# *Introducción*

# Los robots y la robótica



**Robot:** Mecanismo programado para realizar tareas de locomoción, manipulación o posicionamiento.

Isaac Asimov postula las  
cuatro **leyes de la robótica**

1920

1950

Utilizado por primera vez  
por **Karel Capek**

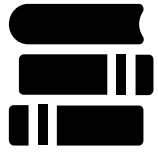
Tipos

Industriales

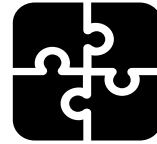
De servicio

Medicina

# Inteligencia Artificial (IA)



Área multidisciplinaria



Simplificación de  
tareas



Resuelve problemas  
como un humano



Simula formas de  
pensamiento

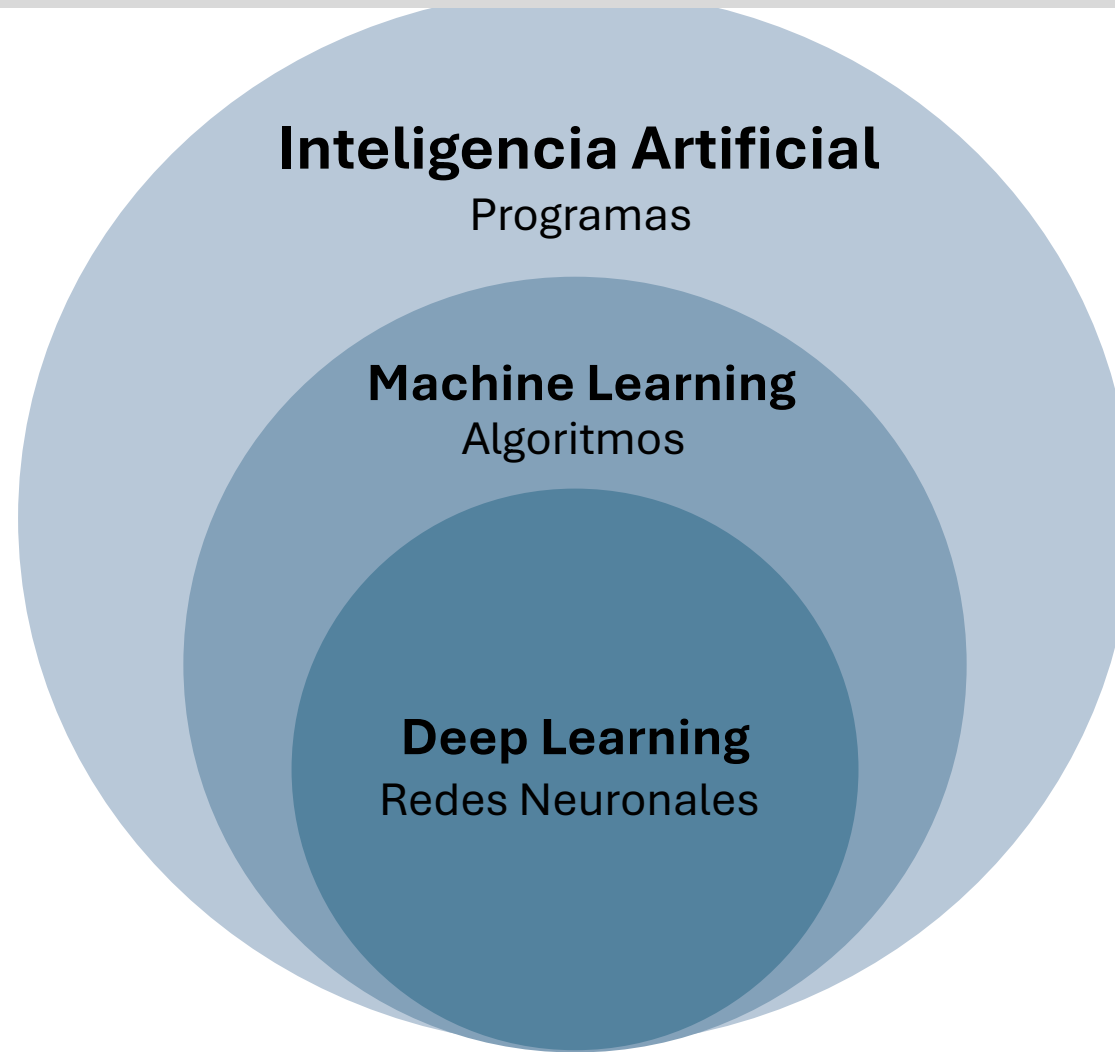


Simula formas de trabajar  
del cerebro

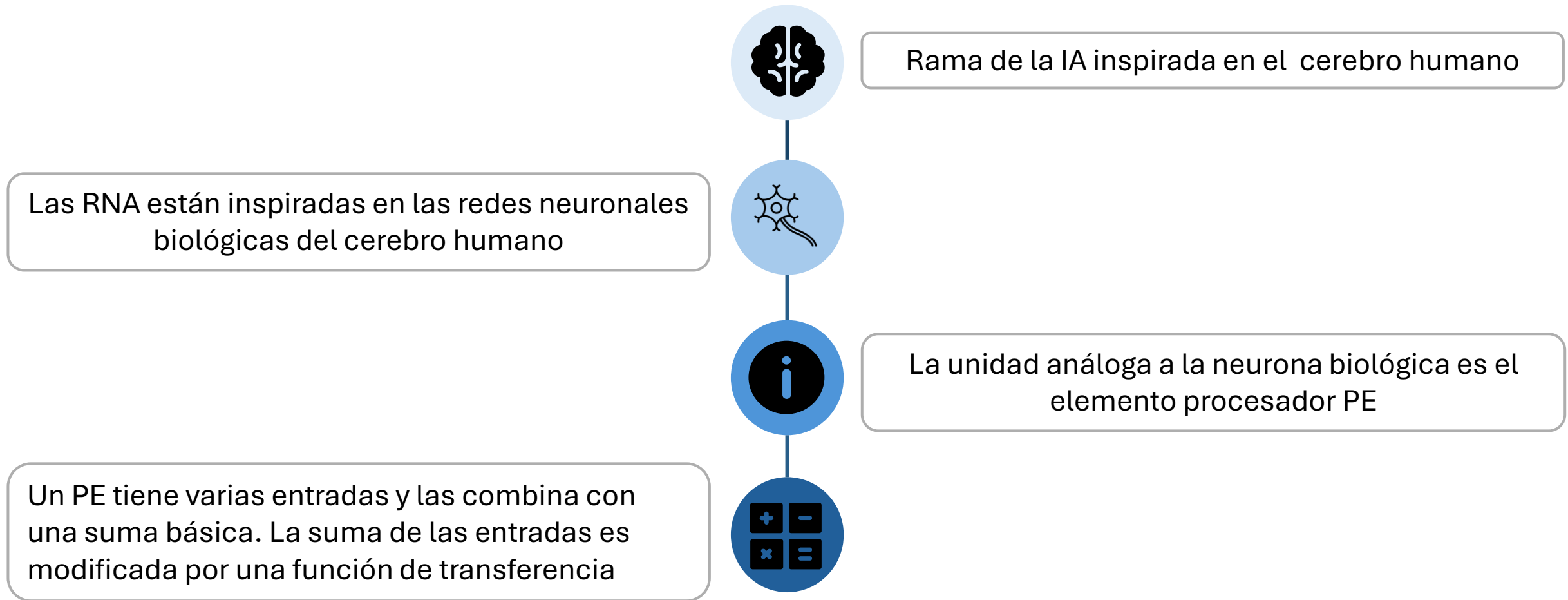


Ayuda a la toma de  
decisiones

# Inteligencia Artificial (IA)

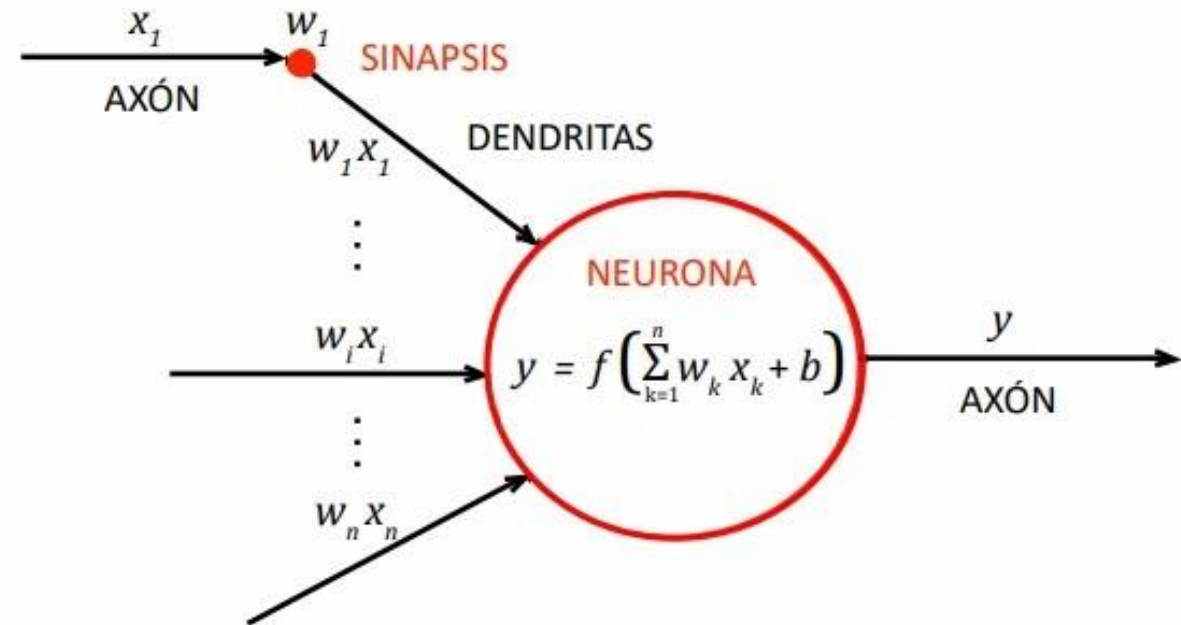
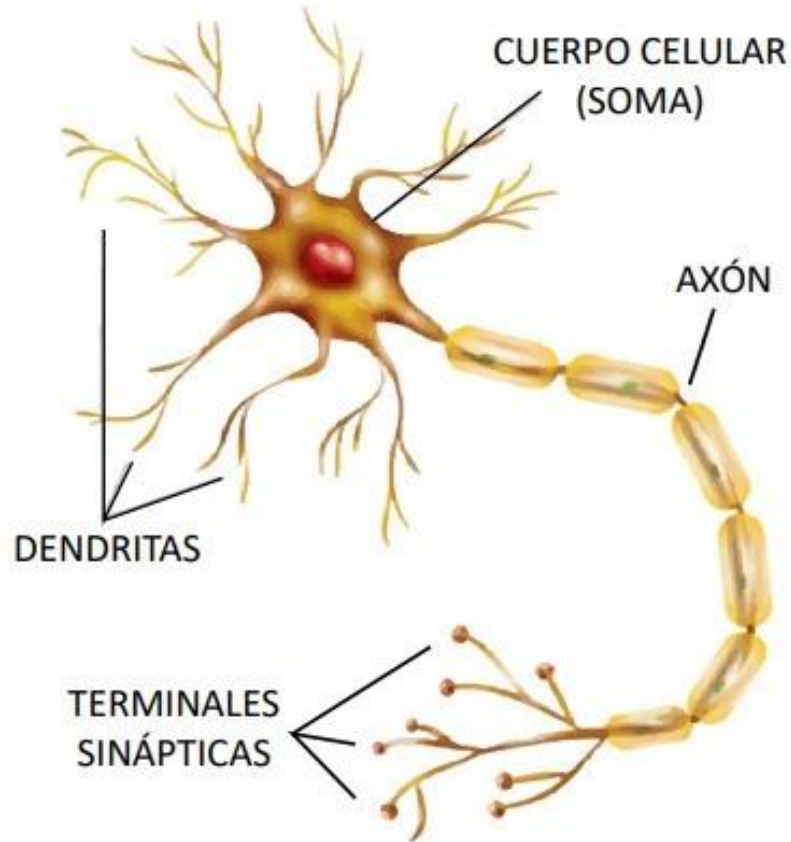


# Deep Learning

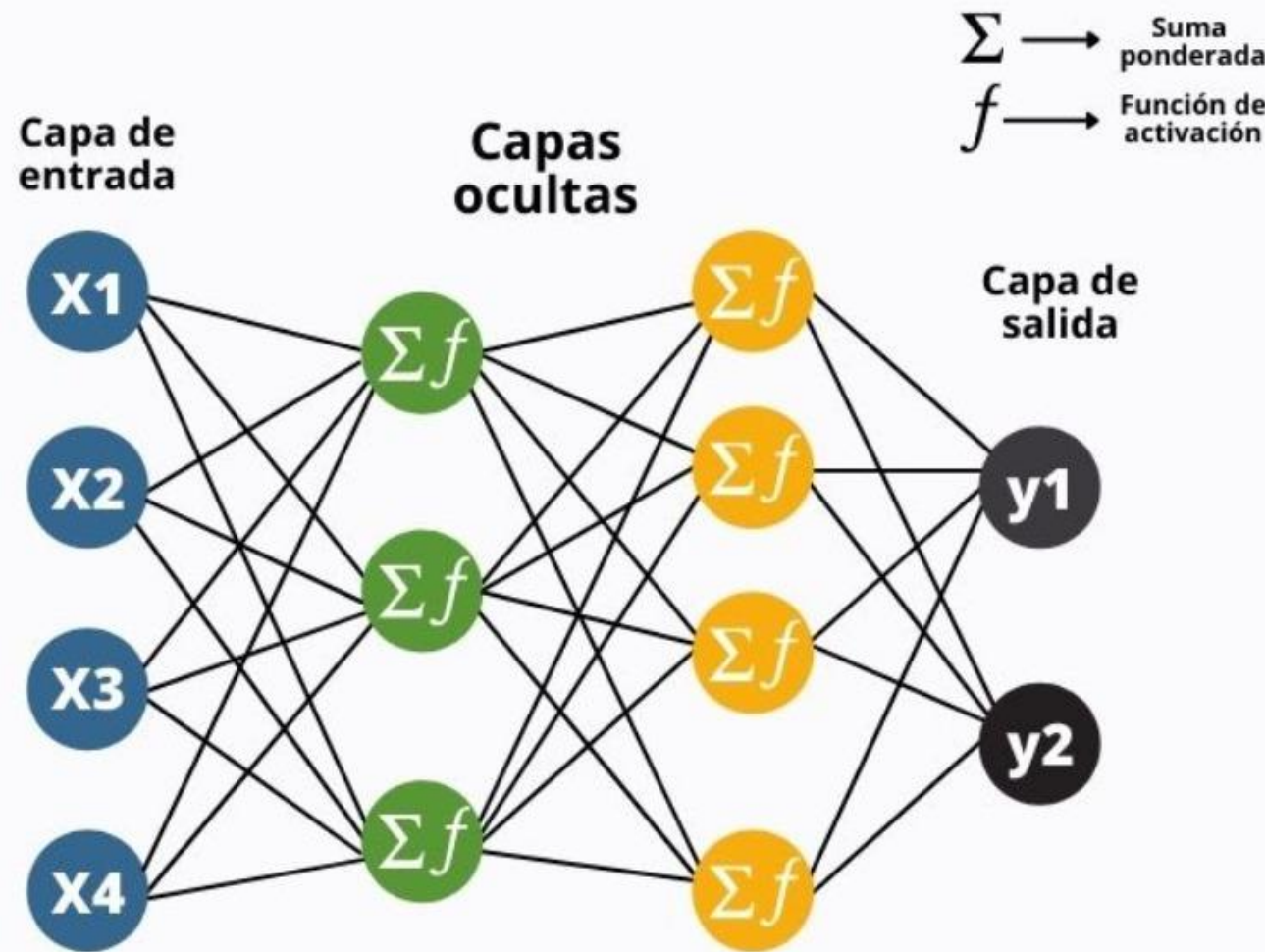




# Deep Learning

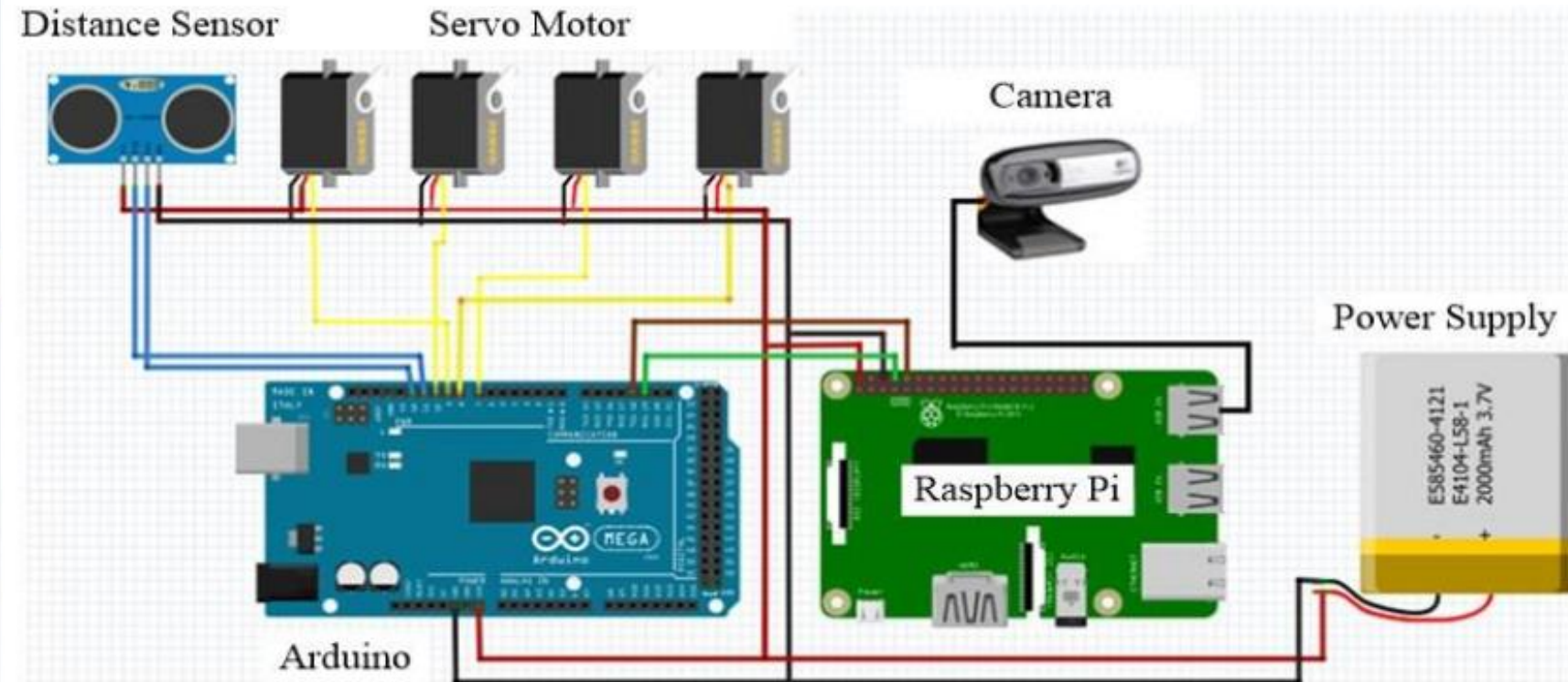
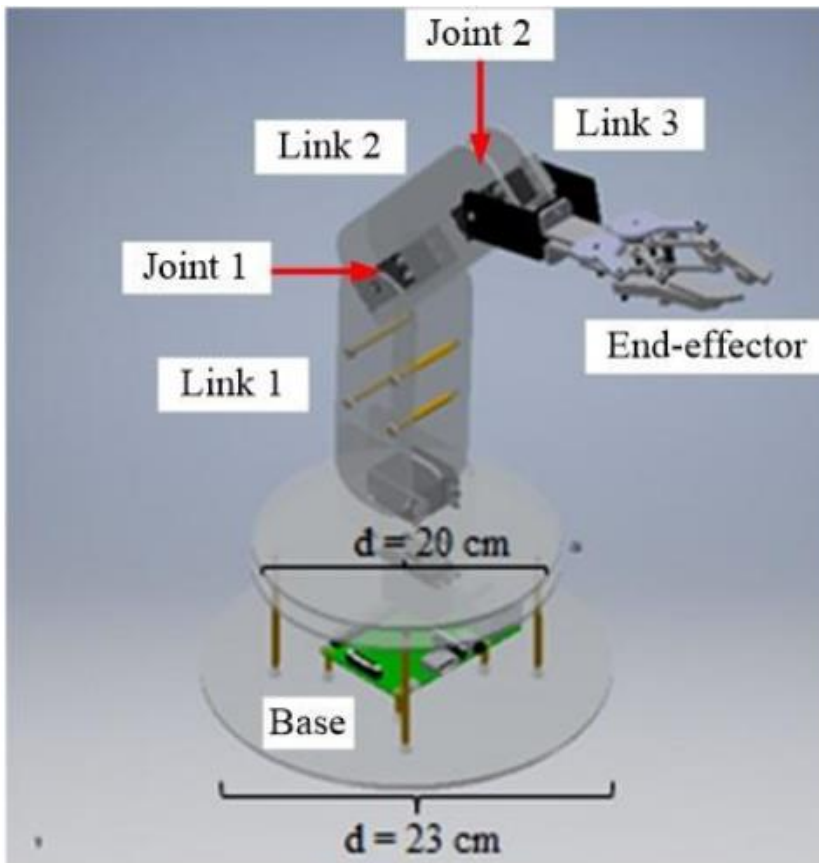


# Deep Learning



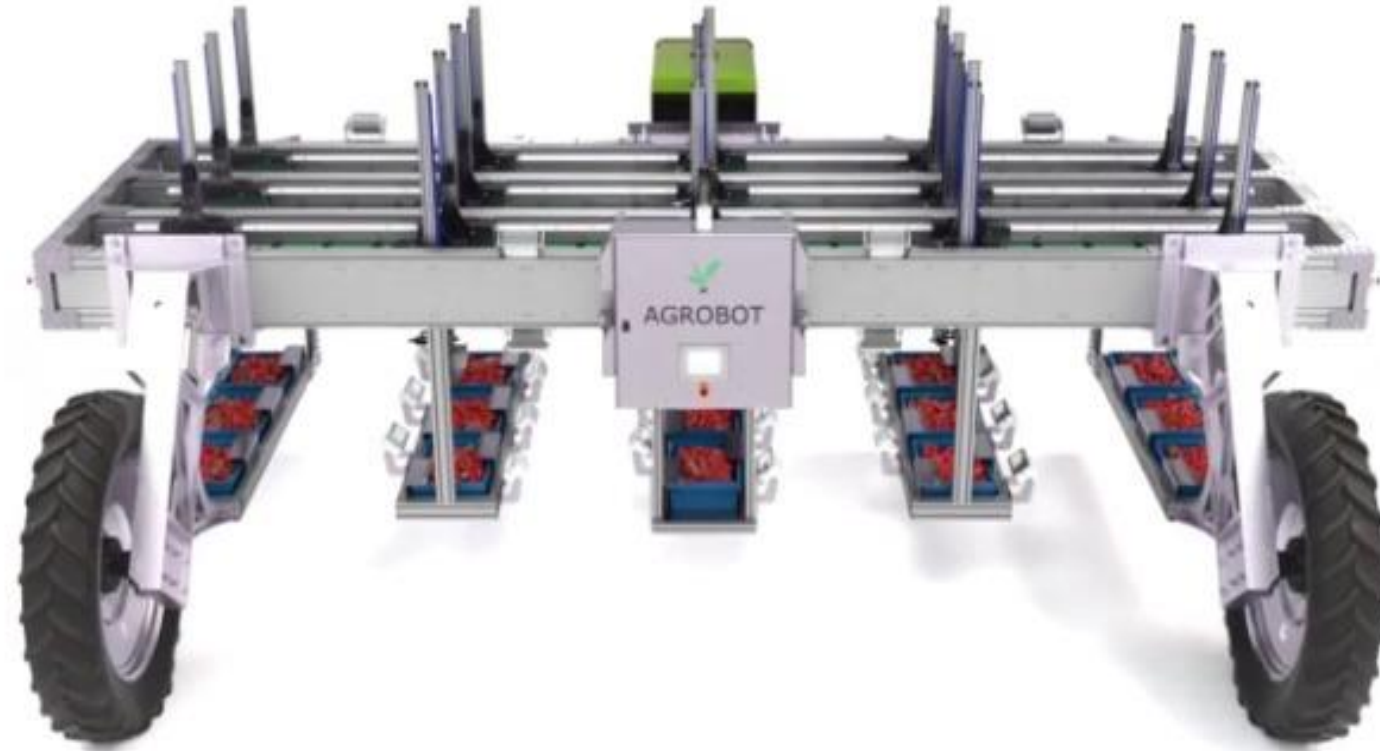
# *Estado del arte*

# Proyectos universitarios

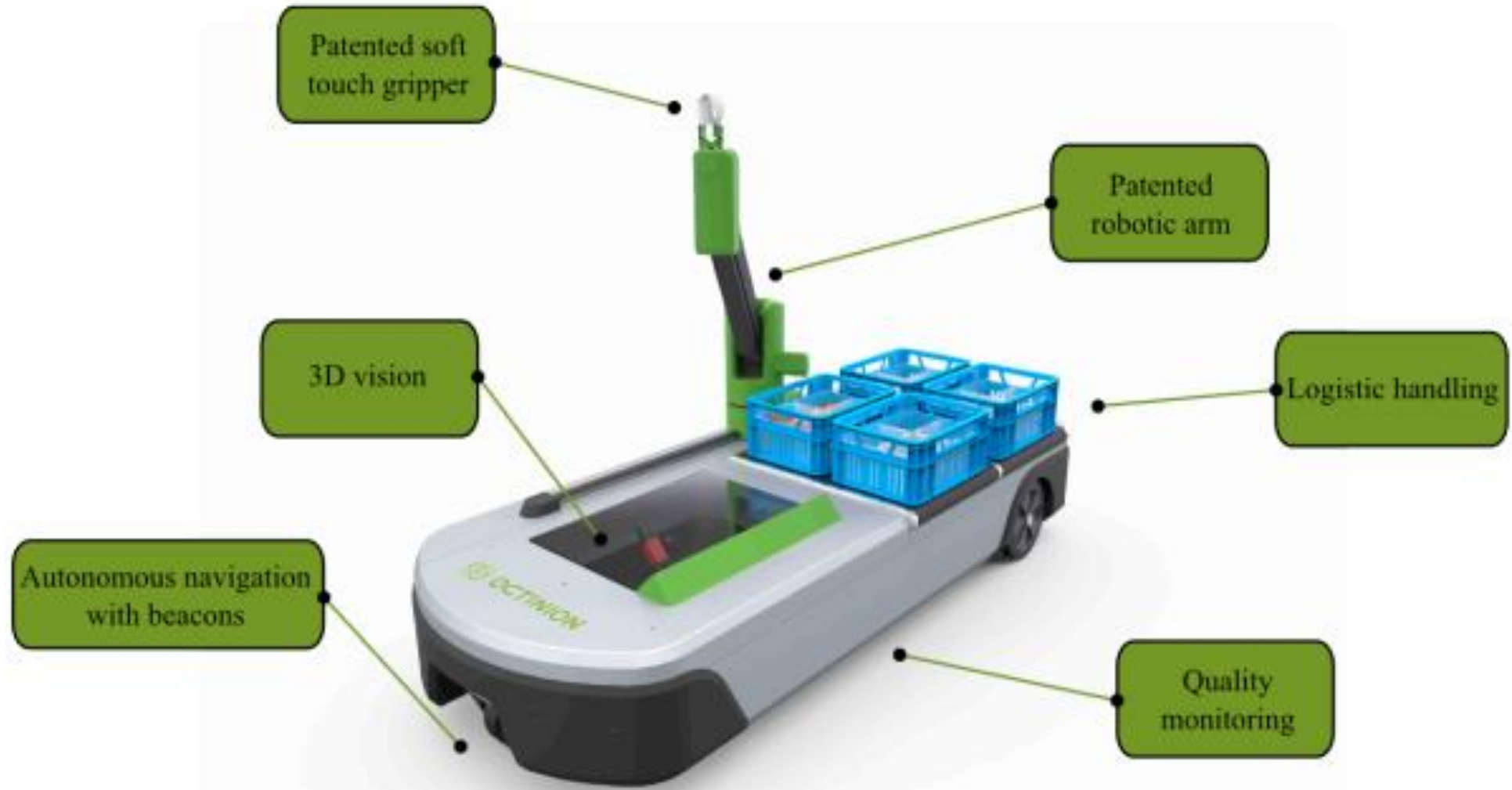




# Agrobot



# Octinion

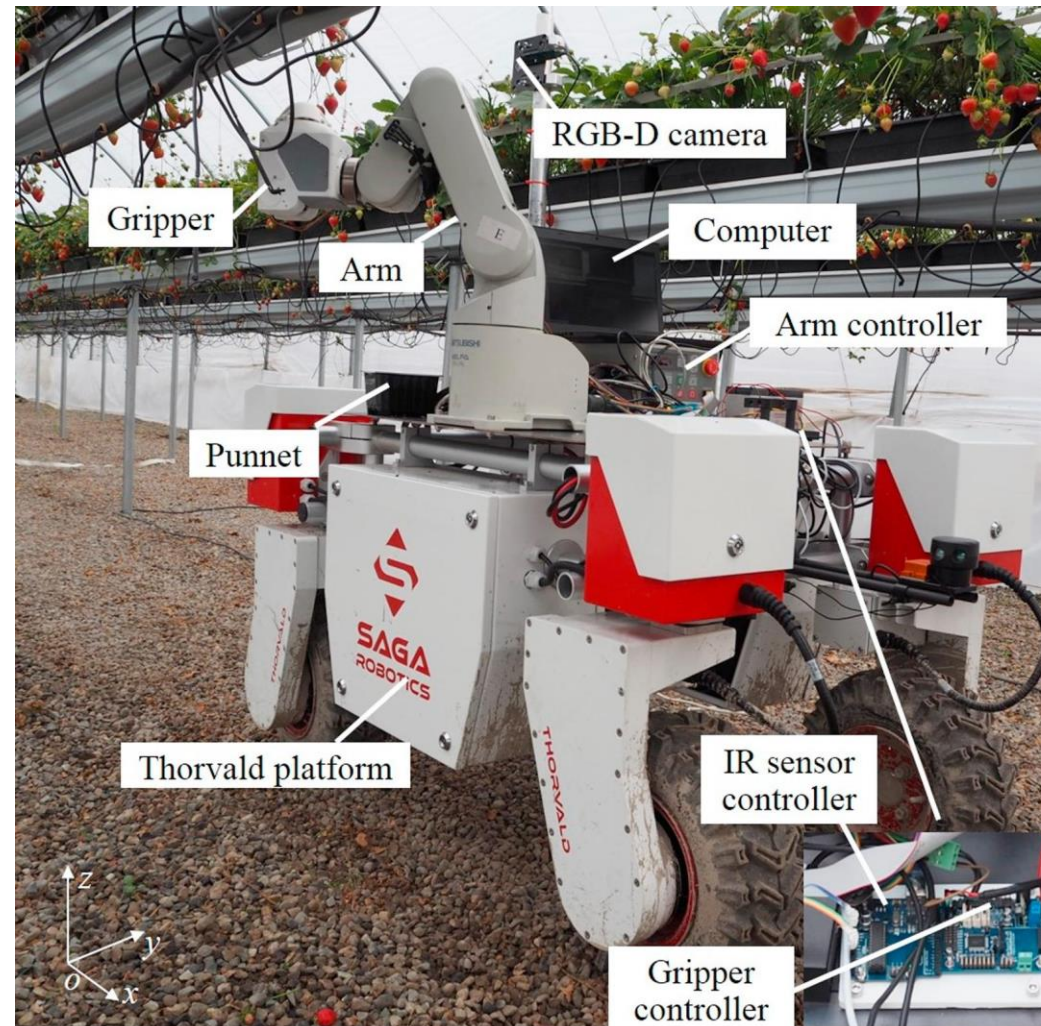




# Dogtooth



# Thorvald





# *Objetivos*

# Problema, Objetivo Principal y Subobjetivos

**Problema:**

Escasa mano de obra disponible y el proceso manual que esto conlleva.

**Objetivo principal:**

Utilizar un robot con un sistema de detección de fresas maduras para su recolección.

**Subobjetivos:**

- Investigar
- SW + HW
- Optimizar
- Entrenamiento
- Protocolo de comunicación
- Desarrollo SW
- Experimentos

# Plan de trabajo

**01**

**Investigación inicial**

**02**

**Diseño y desarrollo del  
sistema de visión artificial**

**03**

**Pruebas en entorno simulado**

**04**

**Pruebas en entorno real**

**05**

**Escritura de la memoria**

# *Plataforma de desarrollo*

# Hardware



Cámara Logitech  
C270 HD



Ordenador  
principal: Lenovo  
Legion 5 IMH05



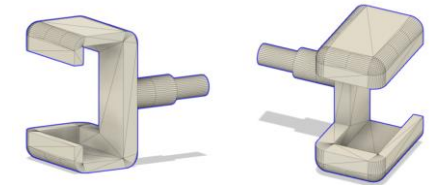
Robot de UR de  
la gama e-series



Soporte de brazo  
articulado



Comunicaciones



Soporte de  
impresión 3D

# Hardware





# Software



Ubuntu 22.04



Python 3.6.15



Anaconda



OpenGL



Polyscope 5.21.2



YOLOv3



SocketTest



OpenCV



XML-RPC

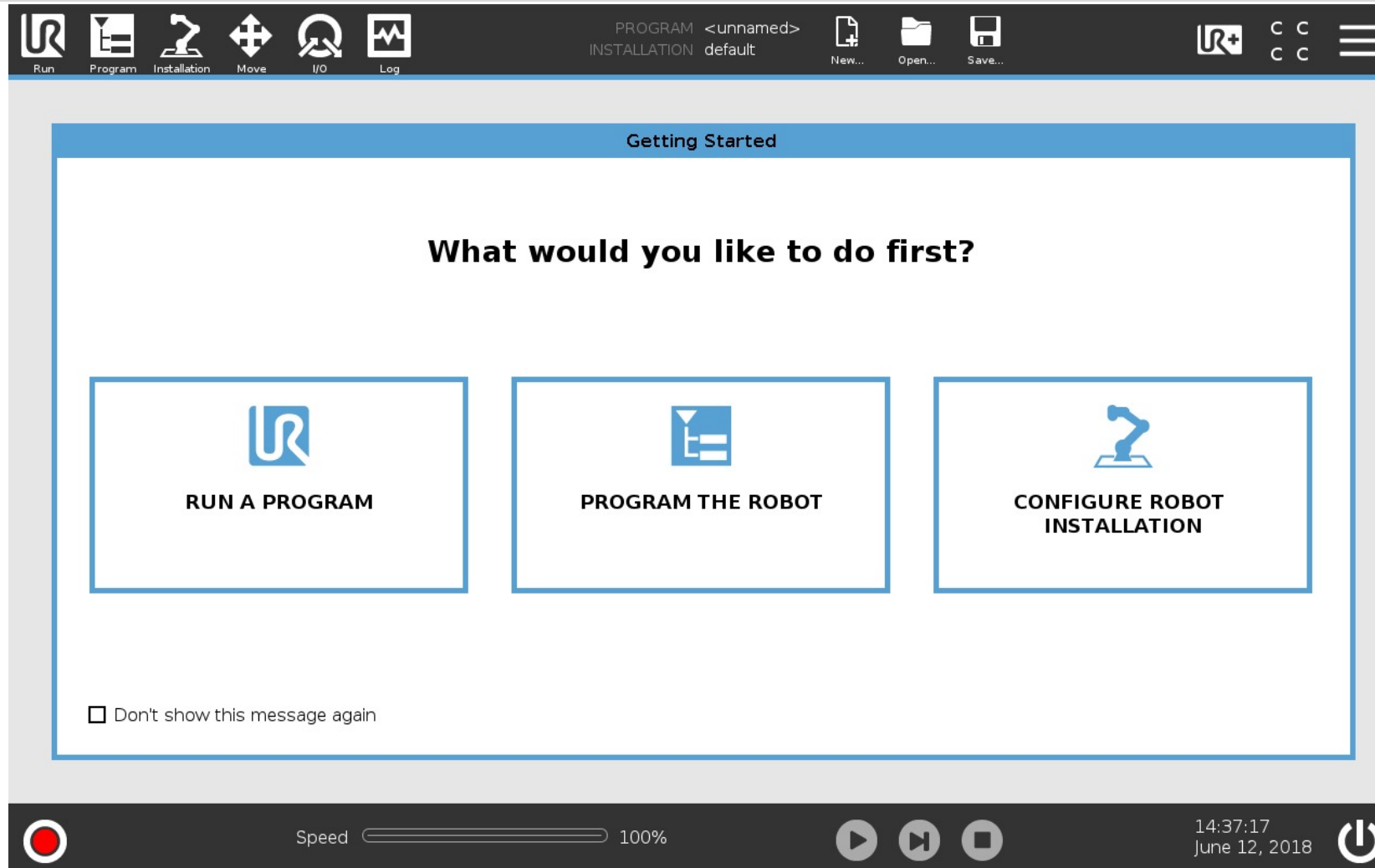


PyTorch



NumPy

# Software | Polyscope 5.21.2

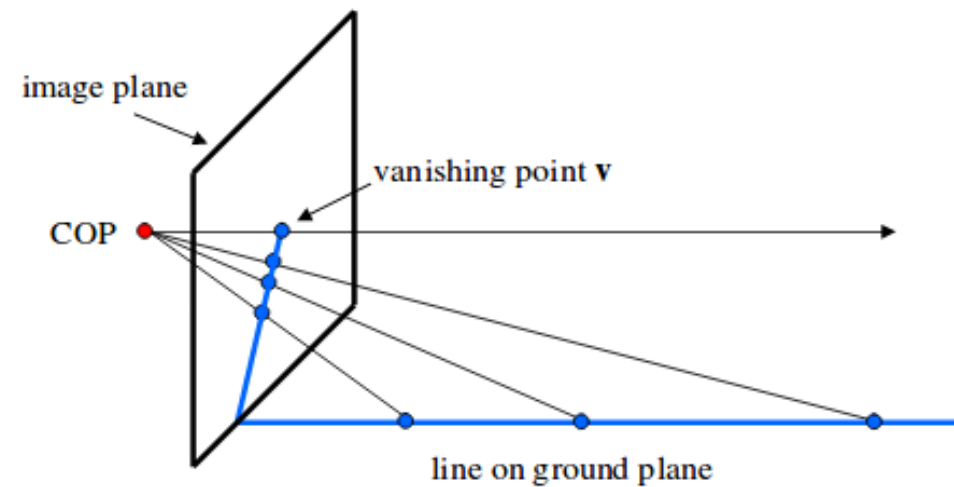




# *Descripción del sistema*

# Hipótesis suelo

Los objetos están sobre plano conocido y fijo respecto a cámara.



# Adaptación al plano vertical

Modelo *pinhole* o estenopeico



Parámetros de cámara	Definición
K (3 × 3)	Parámetros intrínsecos
R (3 × 3)	Rotación de la cámara
T (3 × 1)	Traslación de la cámara

$$Z = Z_0$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z_0 \end{bmatrix} = R^{-1} \cdot \left( K^{-1} \cdot w \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} - T \right)$$



Obtención de un punto 3D (X,Y,Z) a partir de un pixel de la imagen (u,v)

Cálculo distancia euclidiana



$$\text{distancia} = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

# Parámetros intrínsecos y extrínsecos

$$K = \begin{pmatrix} F_x & 0 & C_x \\ 0 & F_y & C_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$T = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix}$$

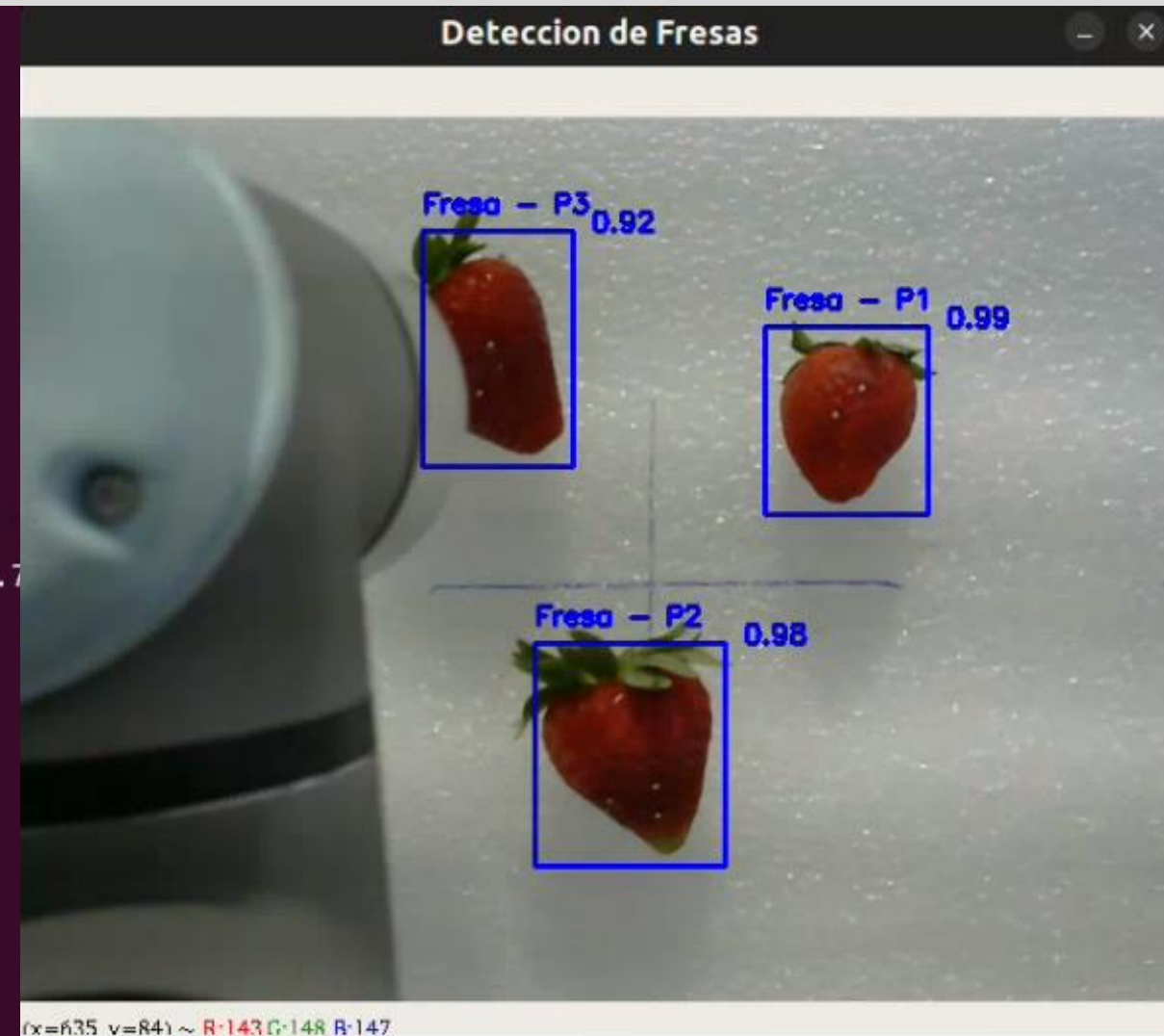
$$R(\theta)_X = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta) & \sin(\theta) \\ 0 & -\sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix}$$

$$R(\theta)_Y = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & 0 & -\sin(\theta) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(\theta) & 0 & \cos(\theta) \end{pmatrix}$$

$$R(\theta)_Z = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

# Detección de fresas mediante Deep Learning

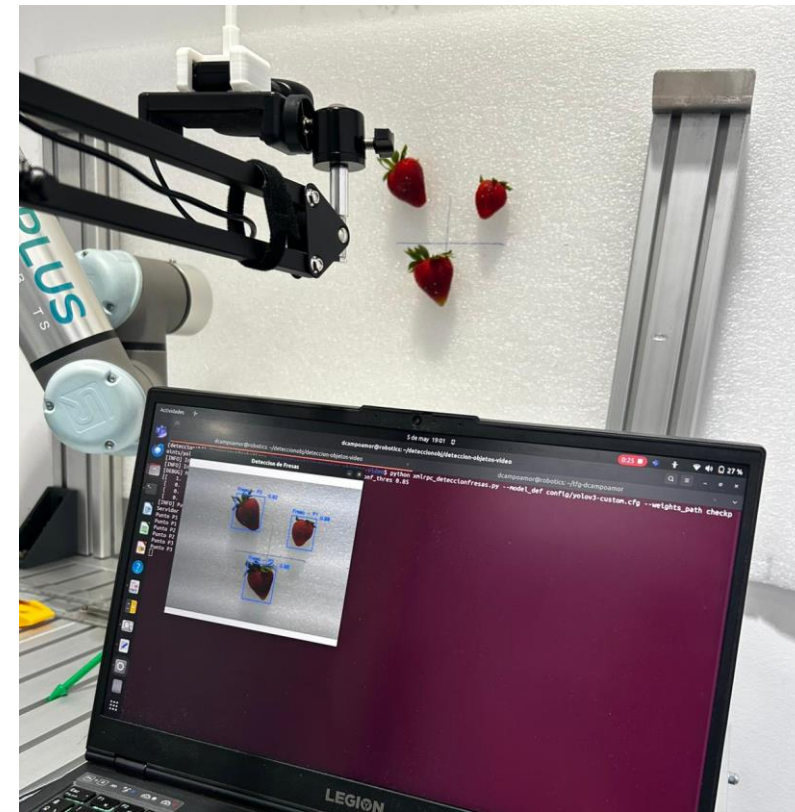
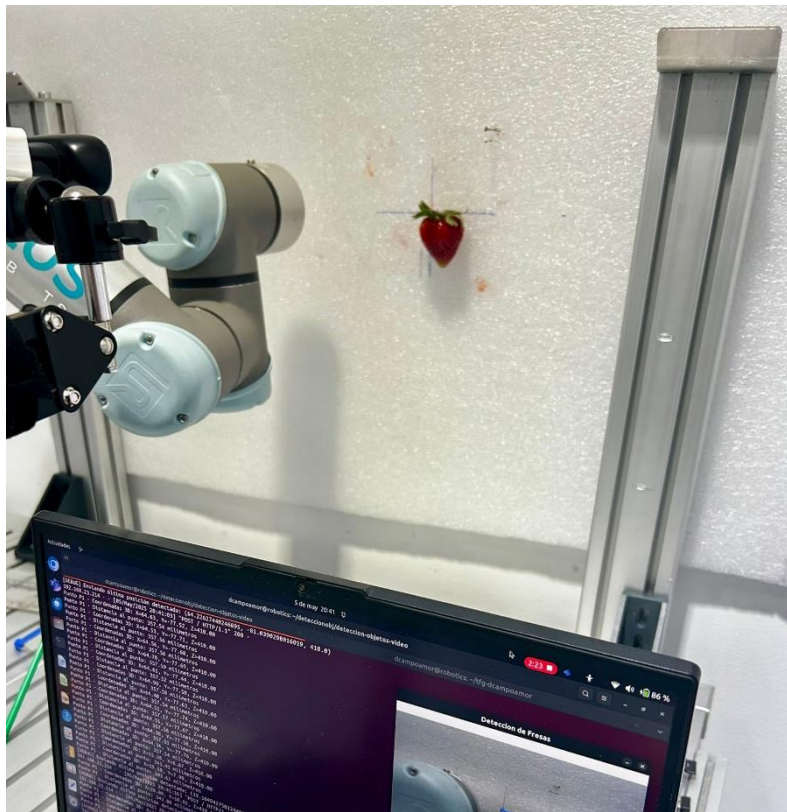
```
[INFO] Iniciando programa...
[INFO] Iniciando detección de fresas en el frame actual...
[DEBUG] Matriz RT de la cámara:
[[ 1.  0.  0.  0.]
 [ 0.  1.  0.  0.]
 [ 0.  0.  1. -355.]
 [ 0.  0.  0.  1.]]
[INFO] Parámetros de la cámara cargados correctamente.
Servidor XML-RPC corriendo en el puerto 50000...
Punto P1 - Coordenadas 3D: X=60.77, Y=-31.44, Z=355.00
Punto P1 - Distancia al punto: 349.76 milímetros
Punto P2 - Coordenadas 3D: X=8.43, Y=47.15, Z=355.00
Punto P2 - Distancia al punto: 346.33 milímetros
Punto P3 - Coordenadas 3D: X=-28.20, Y=-48.77, Z=355.00
Punto P3 - Distancia al punto: 347.60 milímetros
[DEBUG] Enviando última posición detectada: (-28.20182882193582, -48.7
192.168.23.214 - - [05/May/2025 19:01:15] "POST / HTTP/1.1" 200 -
Punto P1 - Coordenadas 3D: X=60.93, Y=-31.53, Z=355.00
Punto P1 - Distancia al punto: 349.79 milímetros
Punto P2 - Coordenadas 3D: X=8.96, Y=47.30, Z=355.00
Punto P2 - Distancia al punto: 346.36 milímetros
Punto P1 - Coordenadas 3D: X=60.77, Y=-31.40, Z=355.00
Punto P1 - Distancia al punto: 349.75 milímetros
Punto P2 - Coordenadas 3D: X=7.73, Y=47.31, Z=355.00
Punto P2 - Distancia al punto: 346.33 milímetros
Punto P3 - Coordenadas 3D: X=-24.18, Y=-47.87, Z=355.00
Punto P3 - Distancia al punto: 347.17 milímetros
```



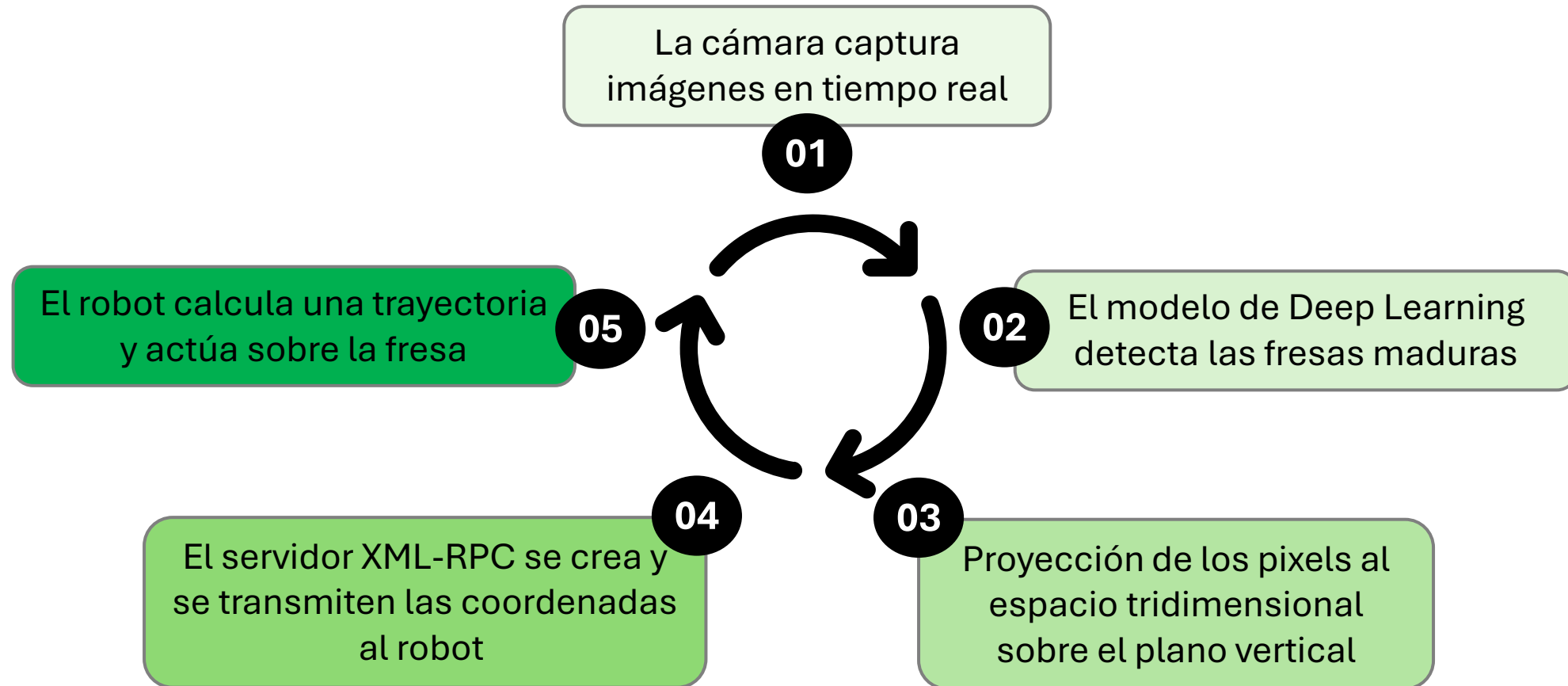


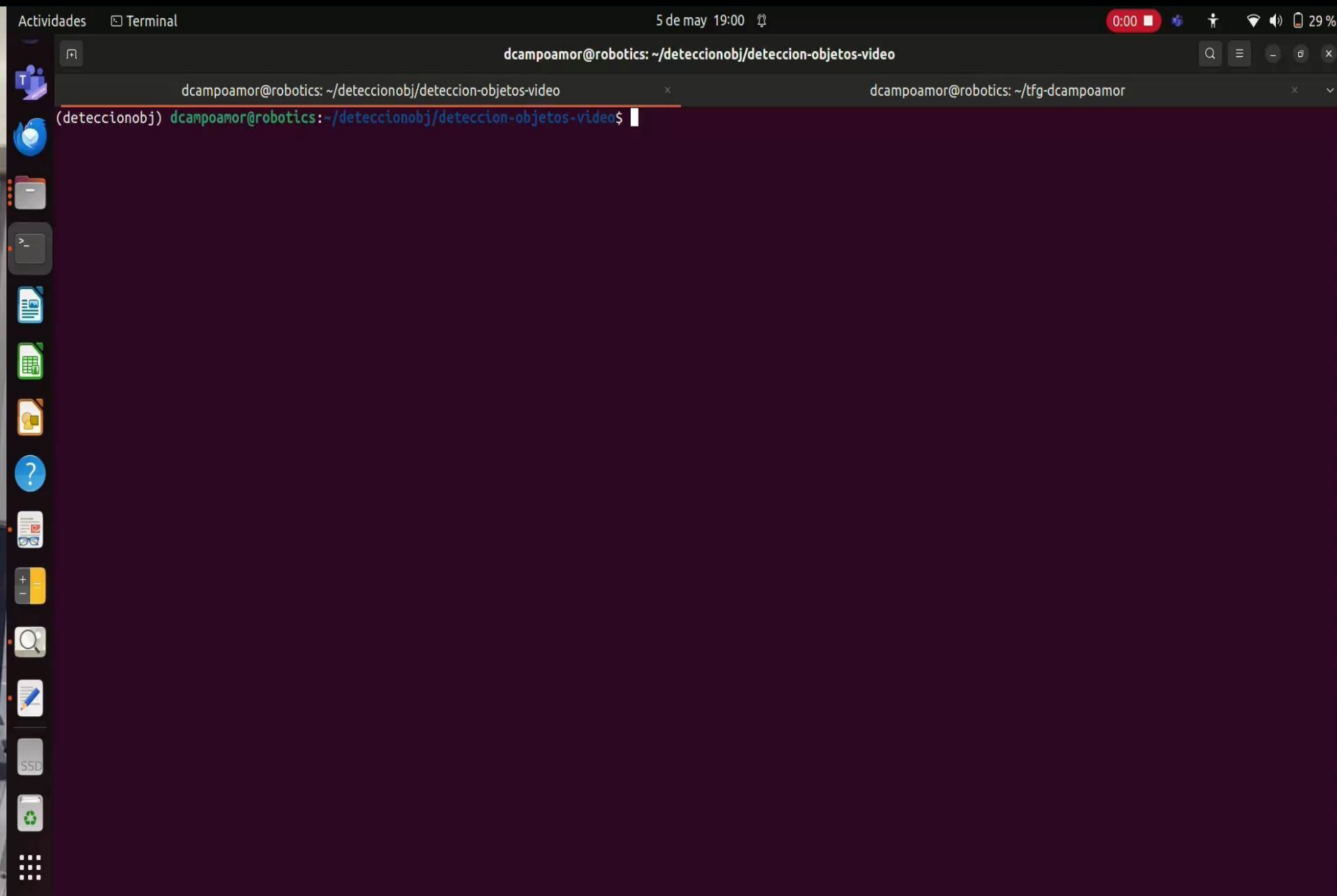
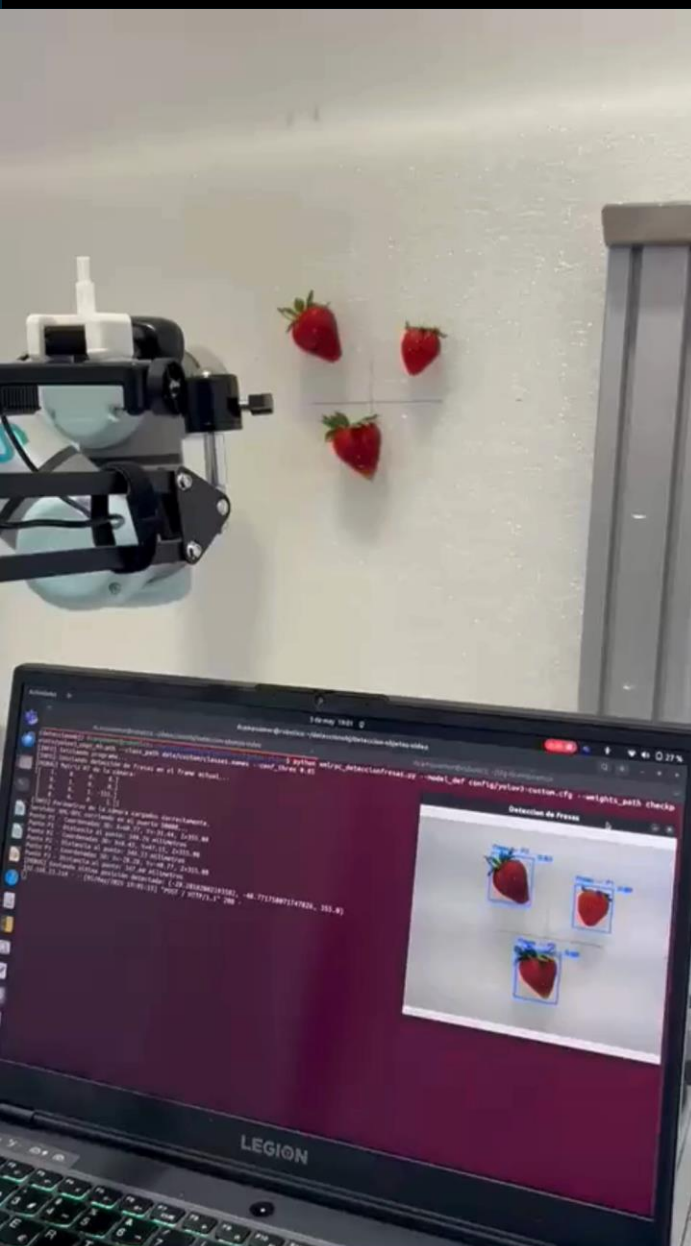
# Arquitectura del sistema

Integración para garantizar la detección de fresas, el cálculo espacial tridimensional y la ejecución del robot.

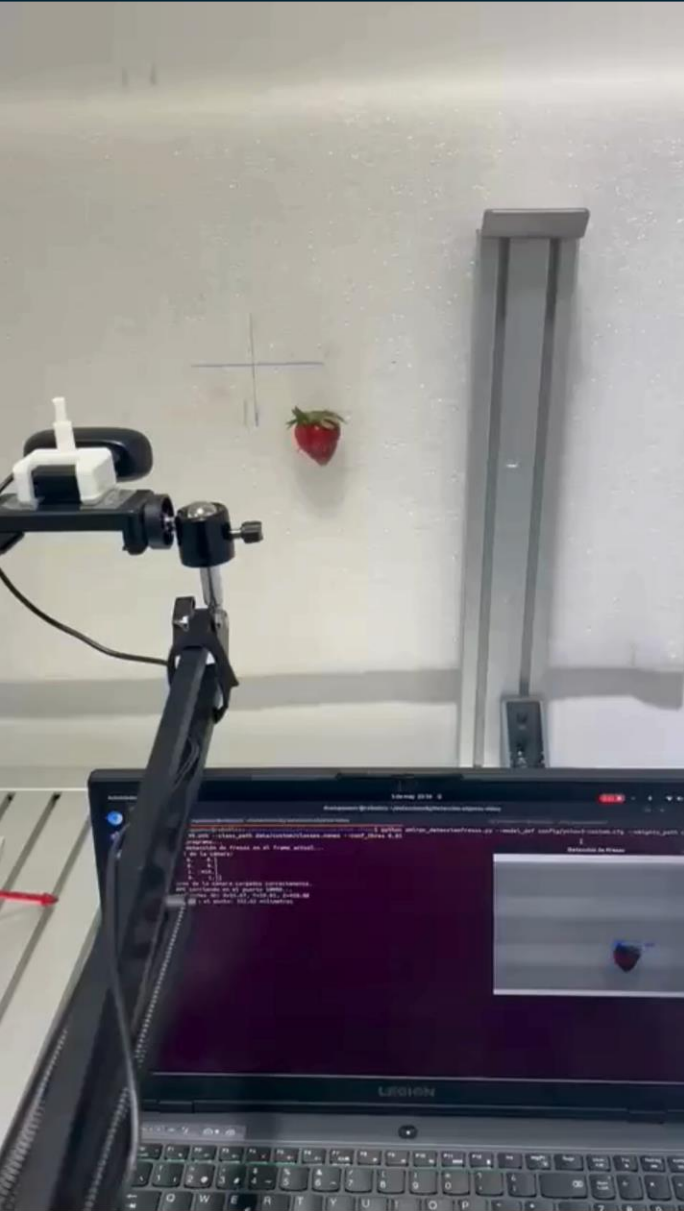


# Funcionamiento



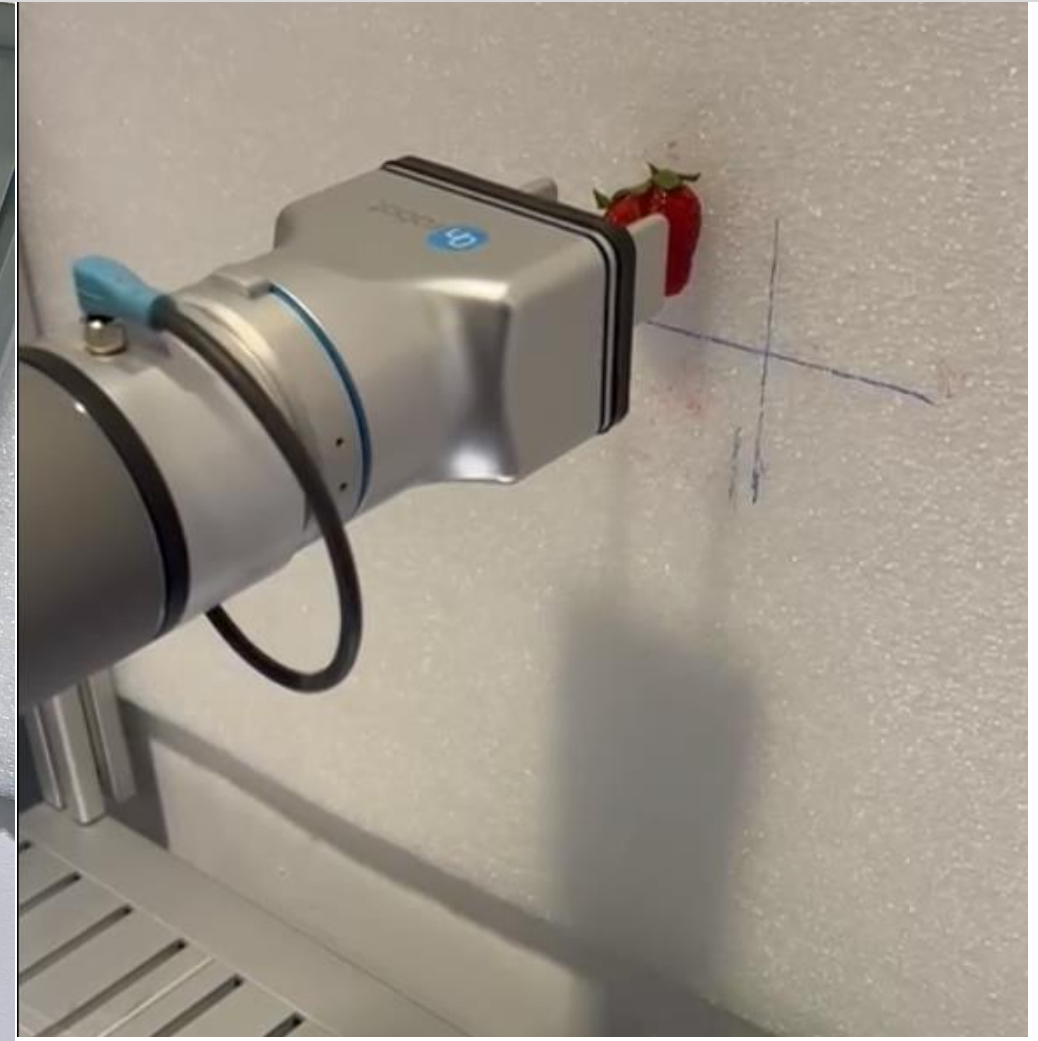
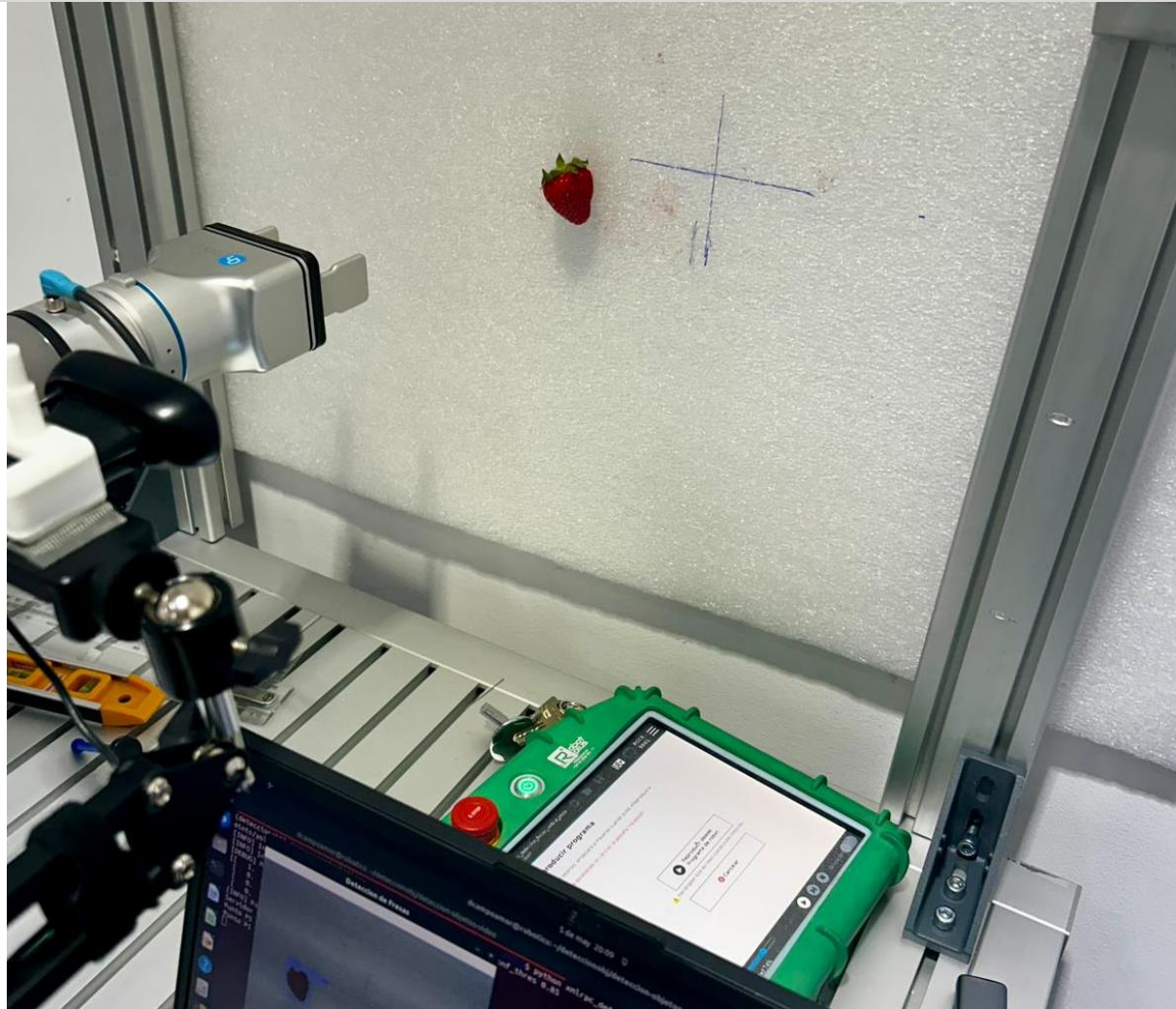






**Repositorio GitHub:**  
<https://github.com/RoboticsURJC/tfg-dcampoamor>

# Funcionamiento con efector final



# *Conclusiones*

# Objetivos cumplidos

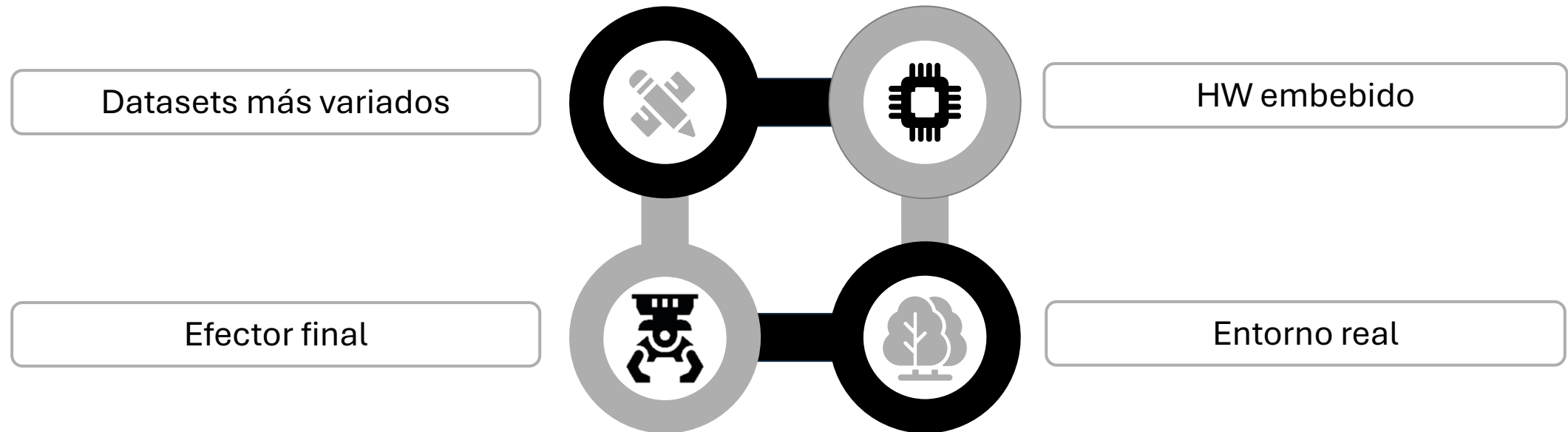
**Objetivo principal:**

- ✓ Utilizar un robot con un sistema de detección de fresas maduras para su recolección.

**Subobjetivos:**

- ✓ Investigar
- ✓ SW + HW
- ✓ Optimizar
- ✓ Entrenamiento
- ✓ Protocolo de comunicación
- ✓ Desarrollo SW
- ✓ Experimentos

# Líneas futuras





# Brazo robótico con cámara única para recolectar fresas mediante Deep Learning

Trabajo Fin de Grado  
David Campoamor Medrano

5 de junio de 2025