

SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA ELIMINACIÓN DE MALEZA EN CULTIVOS DE ESPÁRRAGOS

Metodología de diseño mecatrónico



Introducción



Problemática

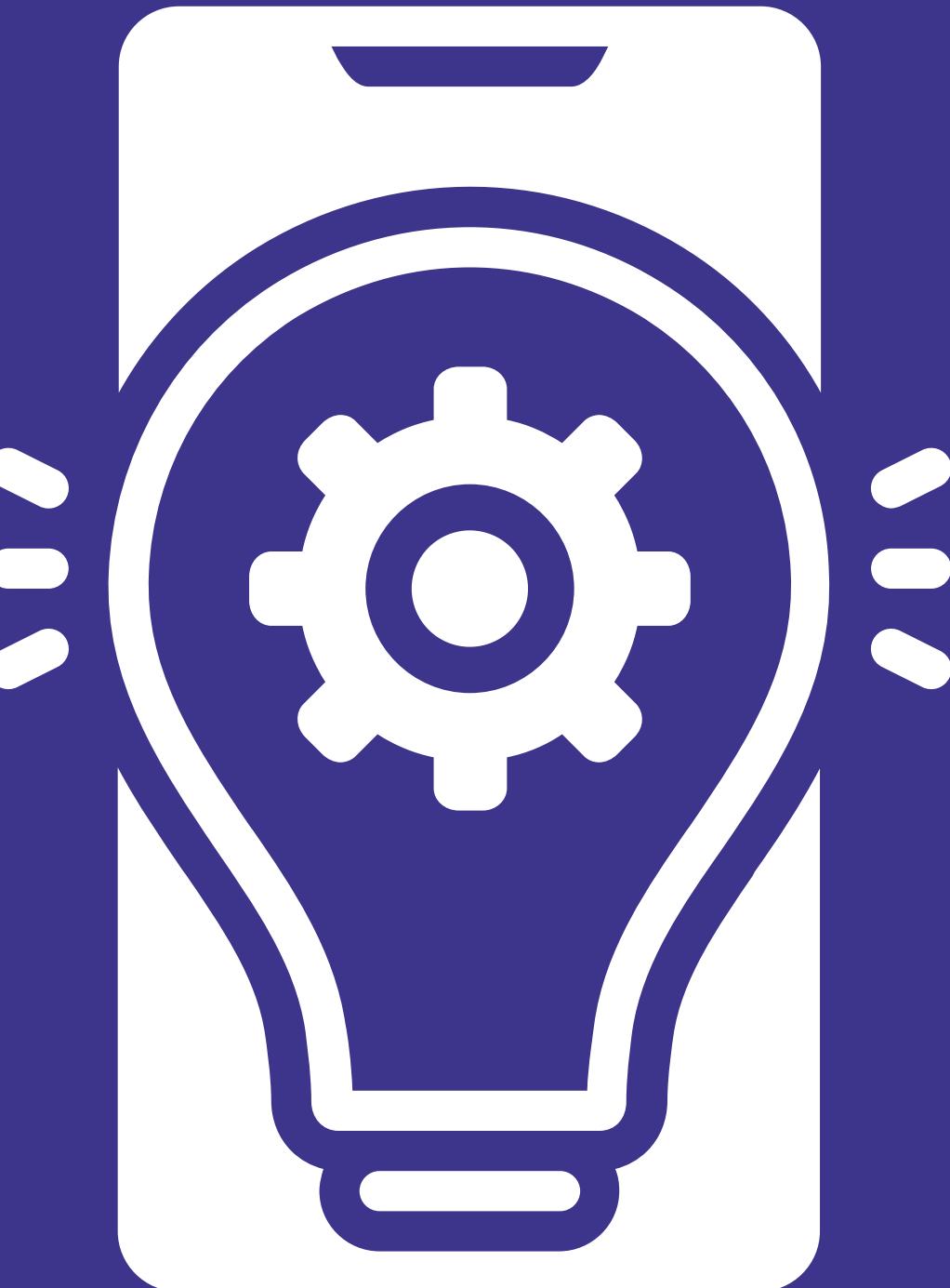
Problemática y objetivos

La presencia de maleza en cultivos afecta su rendimiento generando importantes pérdidas económicas. Sin embargo, el control de este tipo de plaga en el Perú no se apoya en la tecnología, en su lugar, se realiza un desyerbe manual el cual consume más del 40% del tiempo laboral de los agricultores, o se utilizan pesticidas con una técnica muy ineficiente dado que solo el 20% de la pulverización llega a la planta.

Por tal motivo se plantea diseñar un sistema móvil de identificación y eliminación automatizado en cultivos de hortalizas.



Antecedentes



Antecedentes

Comercial y de investigación

El robot RIPPAA fue diseñado para la industria hortícola y cuenta con un subsistema de pulverización de precisión para el rociado de pesticidas, así como una unidad de recolección de datos basada en la inteligencia artificial y visión por computadora que luego son procesados por una unidad integradora de toma de decisiones.

El diseño de un sistema automático de control mecánico de malezas en cultivos de algodón se trata de un sistema mecatrónico que presenta autonomía energética para realizar la remoción de malezas en una porción específica de la parcela. El diseño fue implementado para trabajar con un móvil, este se moviliza a través de los surcos del cultivo siguiendo una trayectoria definida por el usuario



Diseño conceptual



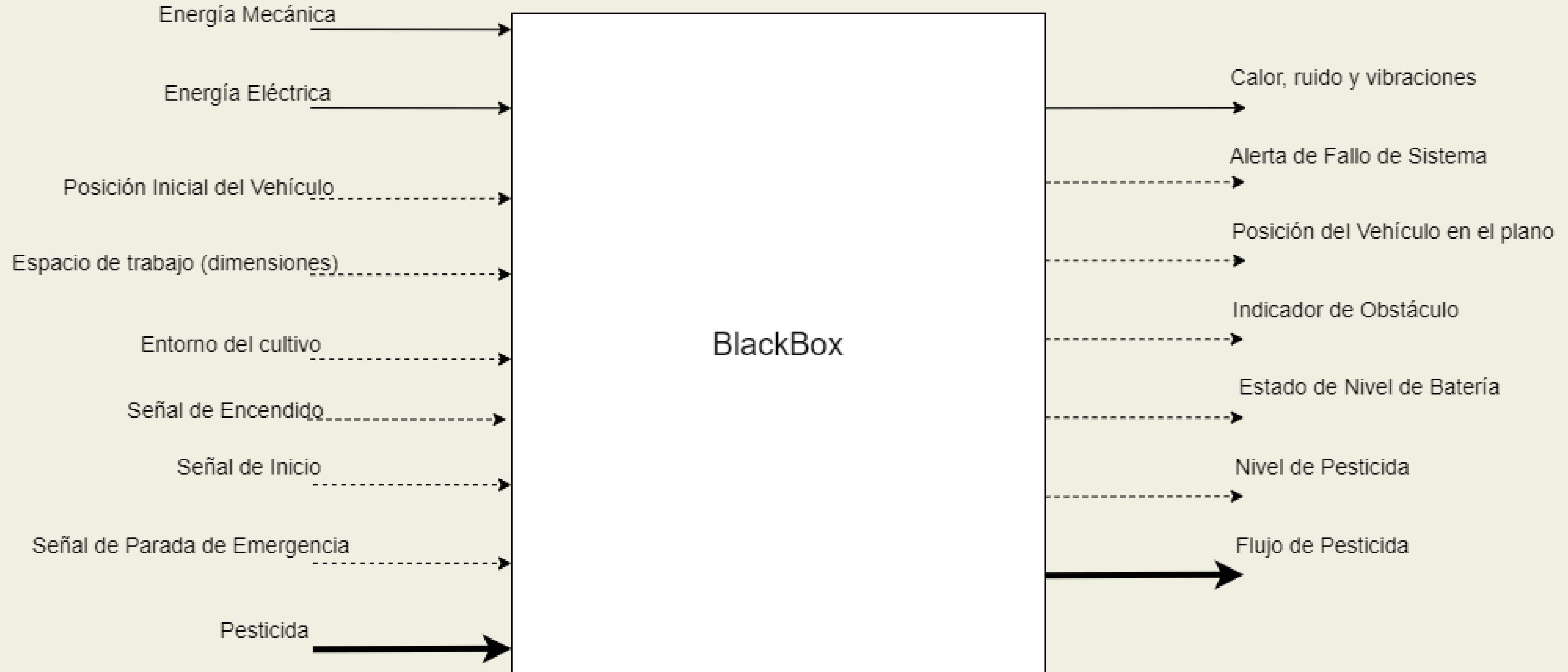
Requerimientos

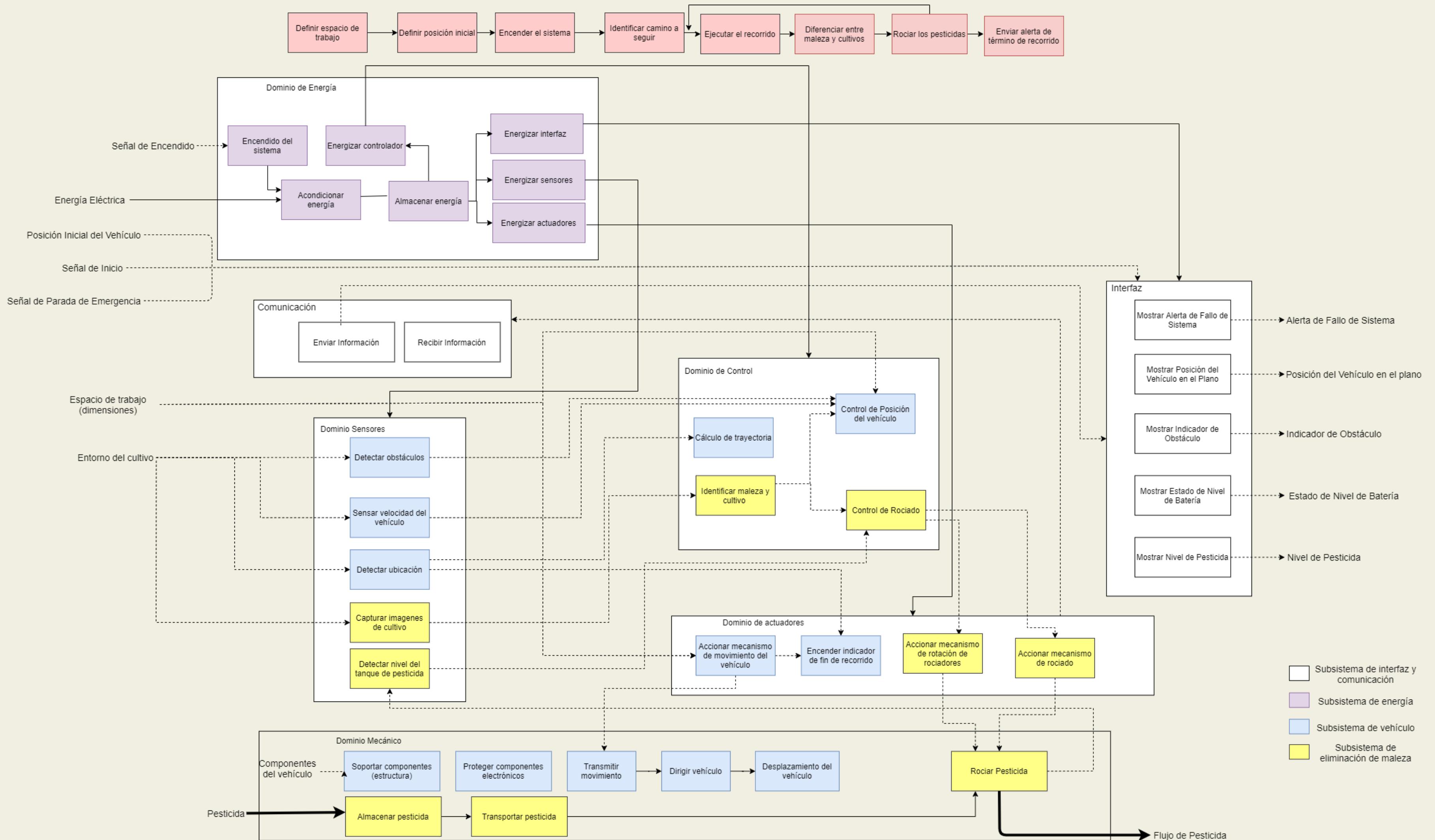
Algunas de las exigencias del proyecto son las siguientes.

- El sistema debe ser capaz de detectar malezas en cultivos de espárrago con una precisión mayor al 80%.
- Las medidas generales serán de máximo 1.50 m de ancho, 1.60m de altura y 1.60m de largo (pues la altura del cultivo está entre 40 y 60 cm).
- La velocidad lineal máxima alcanzable es de alrededor de 0.5 m/s.
- Aplicación de herbicida debe ser de forma automática cuando se detecte maleza.
- Navegación será autónoma a través de las hileras de cultivo.
- El chasis debe ser ligero, resistentes y de fácil adaptación.

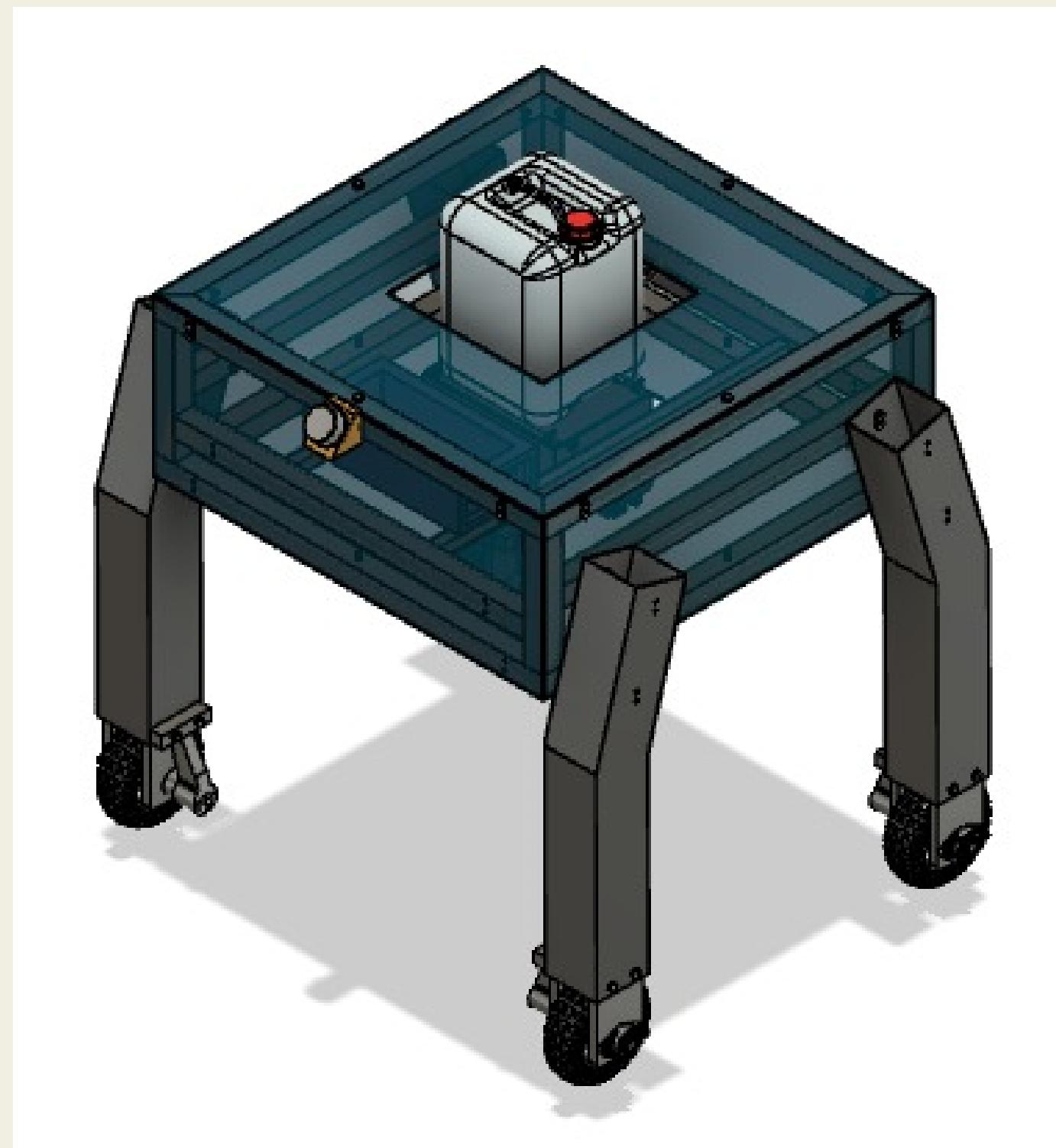
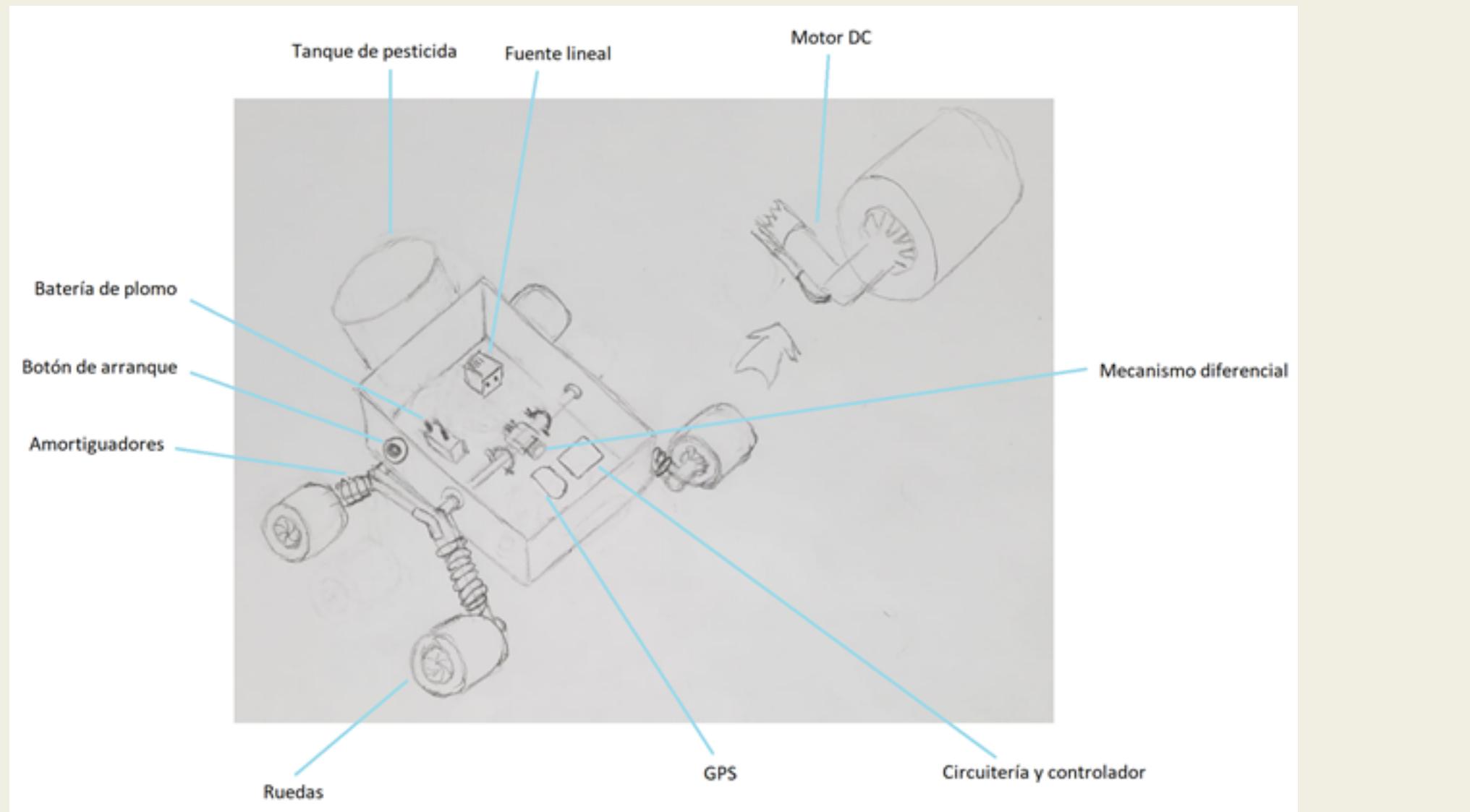


Concepto solución

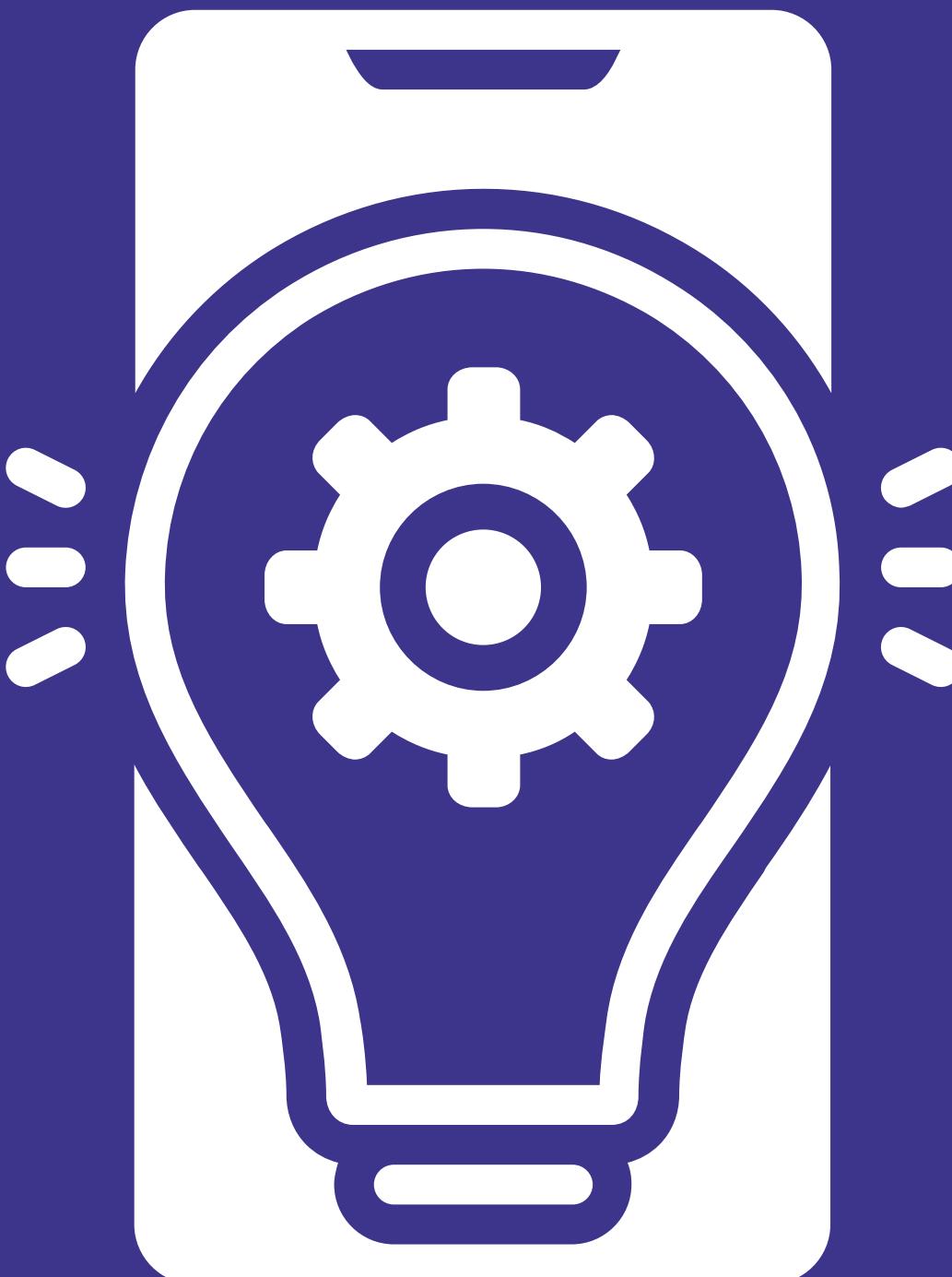




Solucion conceptual original



Desarrollo de la solución

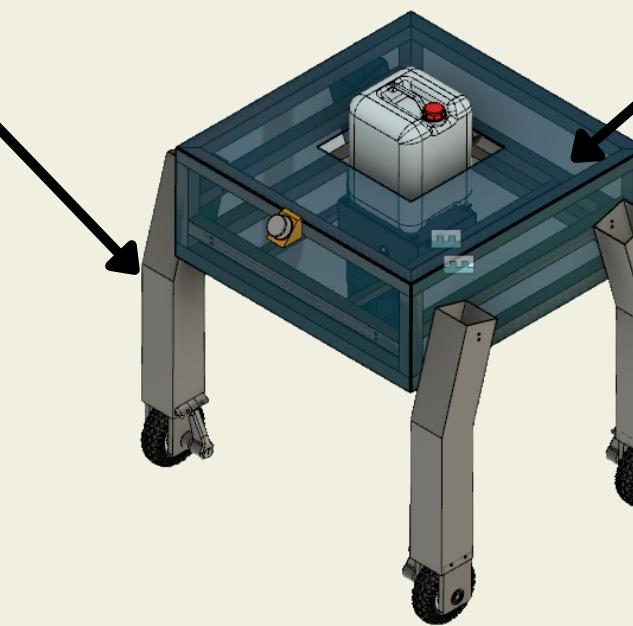


Selección de materiales de fabricación:

1

ESTRUCTURA Y EXTREMIDADES

Material escogido:
Aluminio



2

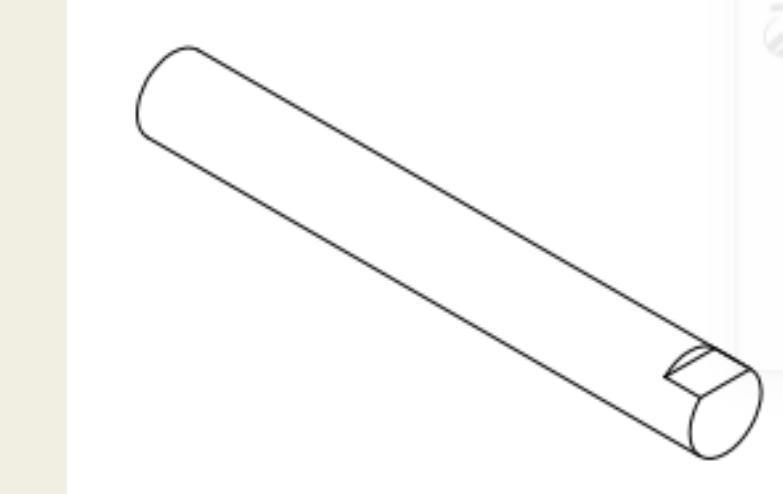
CARCASA

Material escogido:
Láminas de acrílico

3

EJE

Material escogido: Acero inoxidable tipo austenítico

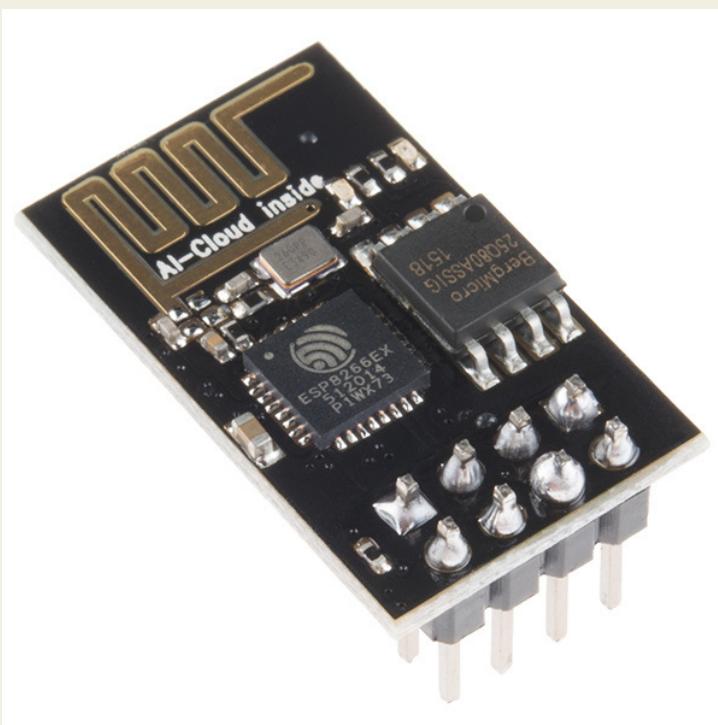


Para esta selección se trabajo con múltiples alternativas para cada caso.

Subsistema de interfaz

Este subsistema trabajará con un aplicativo que ayudará la interacción humano- máquina.

Módulo WiFi



VENTANA DE INICIO DEL APLICATIVO



VENTANA PARA ESTABLECER EL ENTORNO

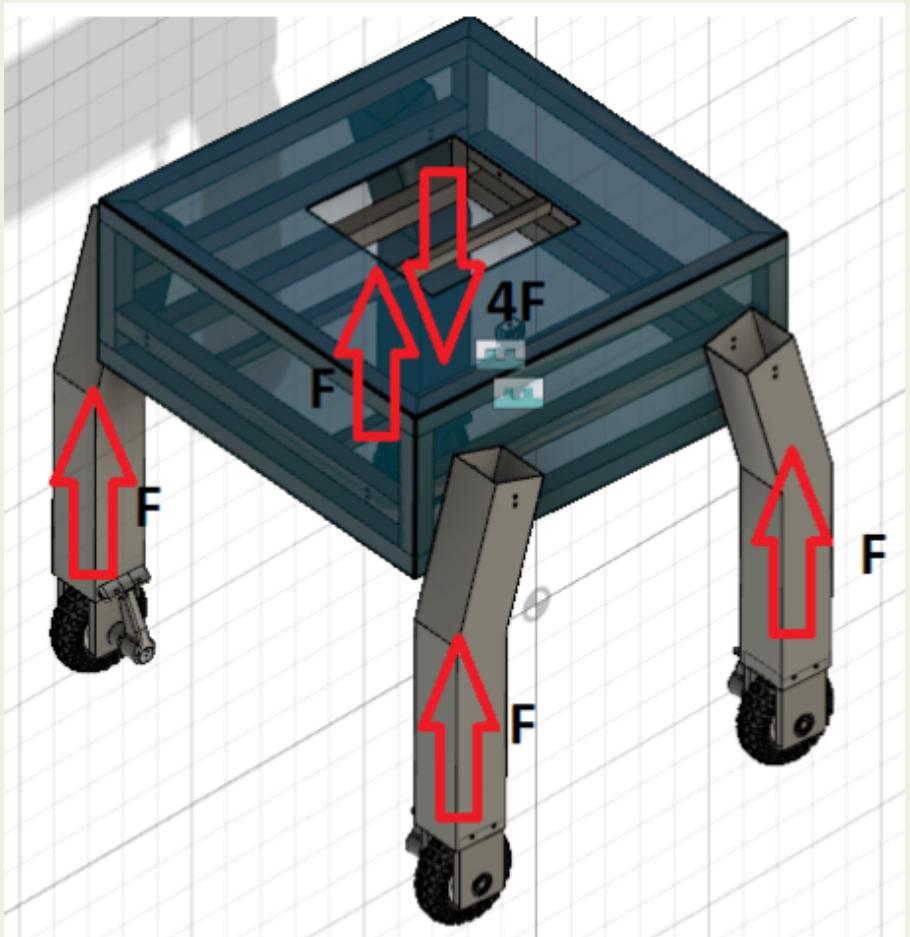


VENTANA DE VISUALIZACIÓN DE INDICADORES



Subsistema de navegación

Cálculos mecánicos

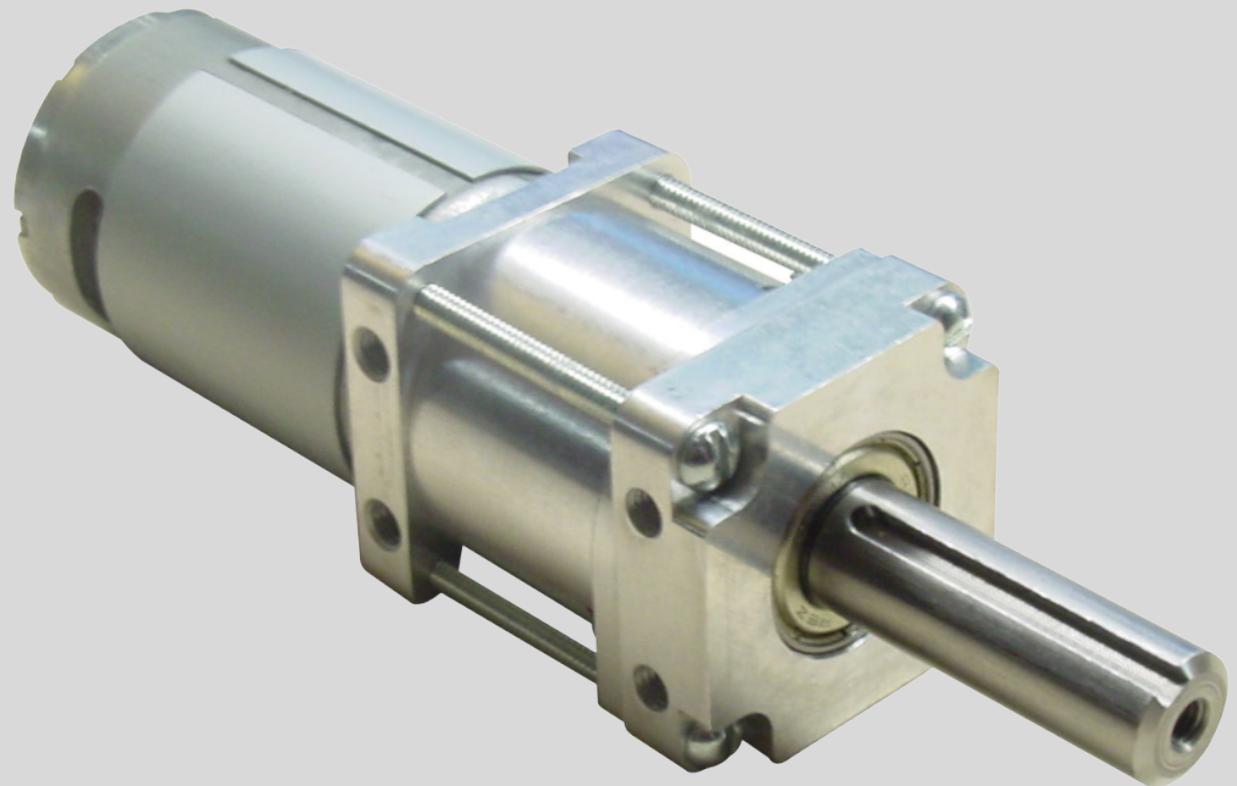


- Resistencia mecánica de extremiades (no hay fallo por pandeo)

Perfil de 50x50, 3mm de espesor x 510 mm.

- Resistencia mecánica de eje motor-rueda ($FS=22.8$)
- Selección de rodamiento rígido de bolas (20 mm Di)

Selección de Motor DC



- Potencia entregada > 9 W.
- Torque > 2.1 N
- Velocidad de rotación con carga > 43 rpm
- Driver L298N

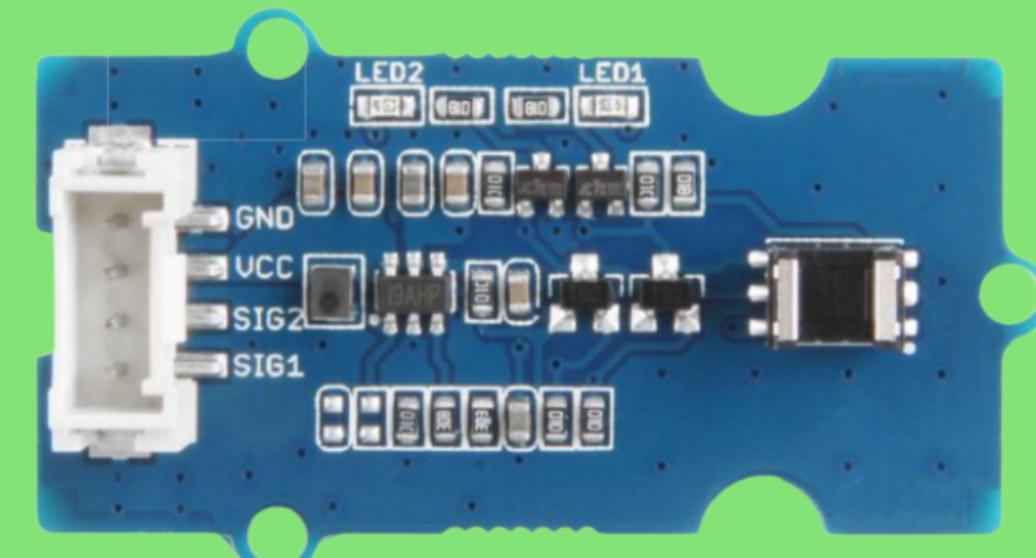
Sensores

Lidar 2D



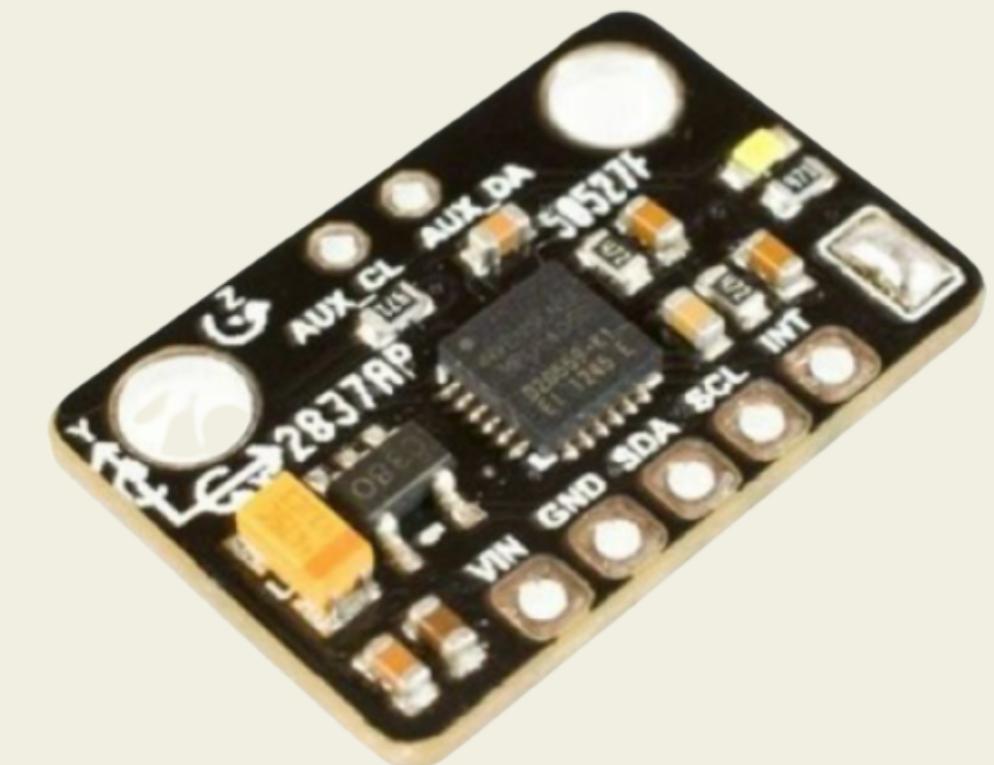
TeraRanger Evo 3m ToF Rangefinder
• Rango solicitado: 1m

Encoder



Grove Optical Rotary
Encoder TCUT1600X01

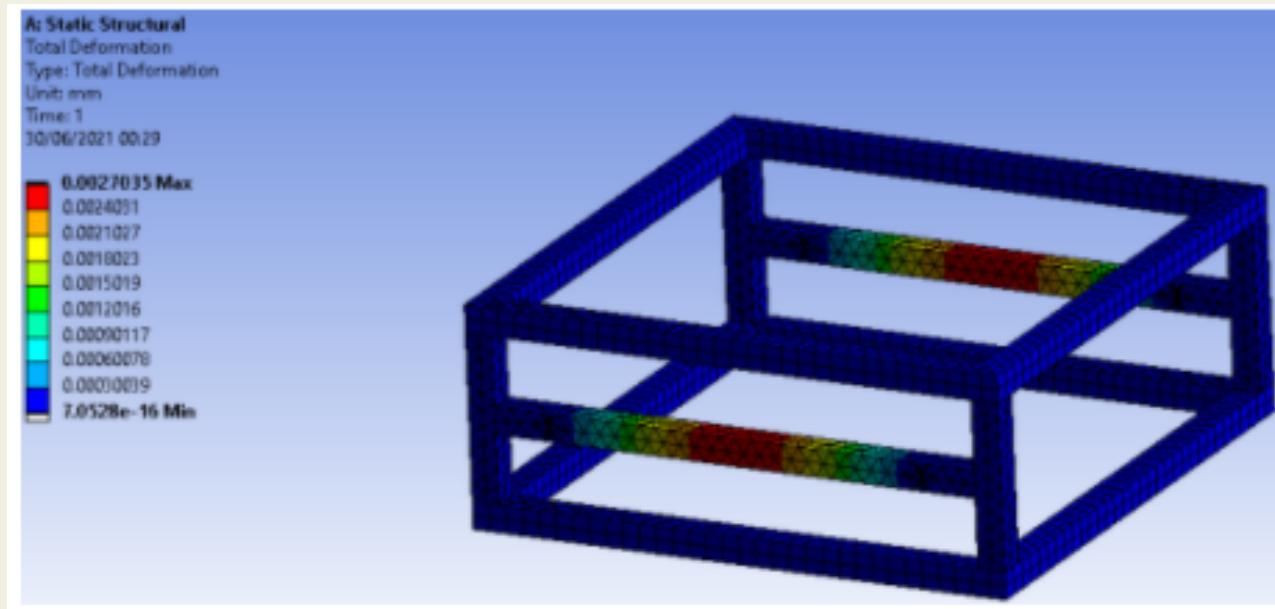
IMU



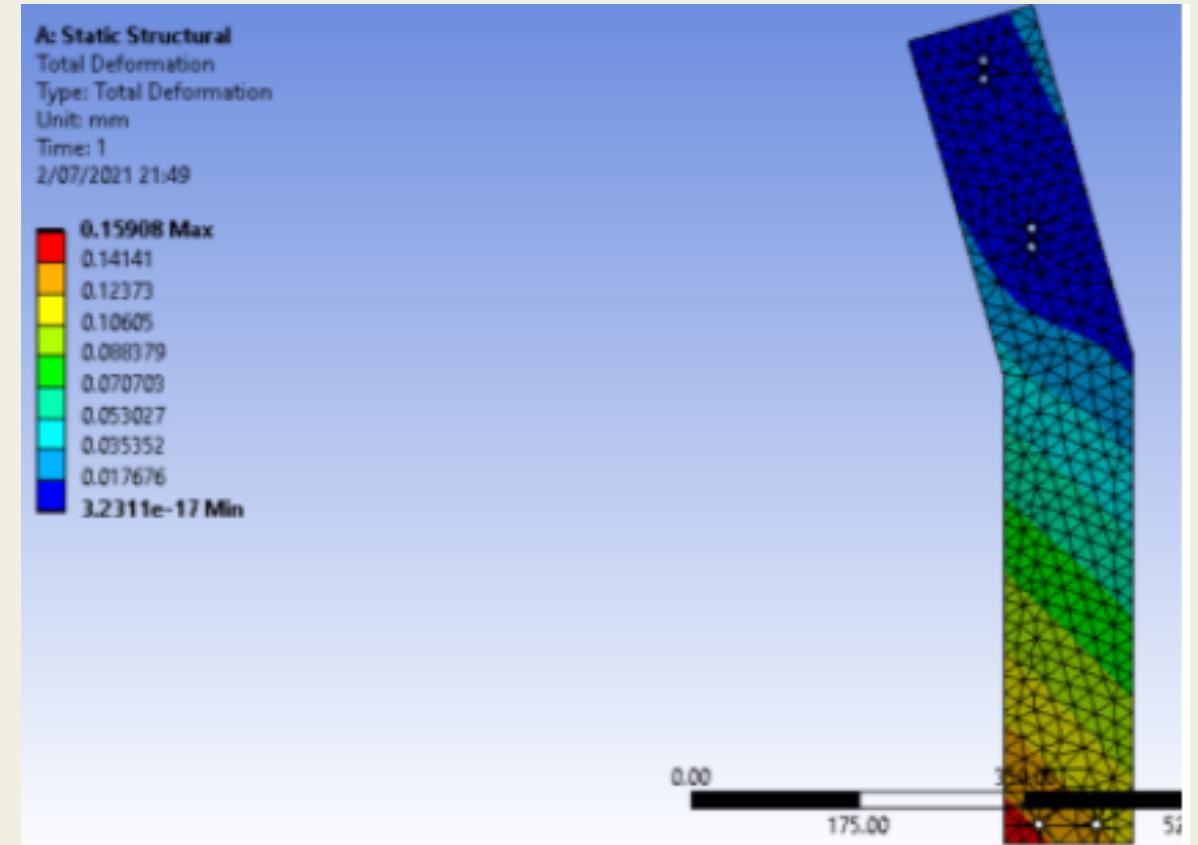
MPU6050
• Acelerómetro y giroscopio

Verificación ANSYS

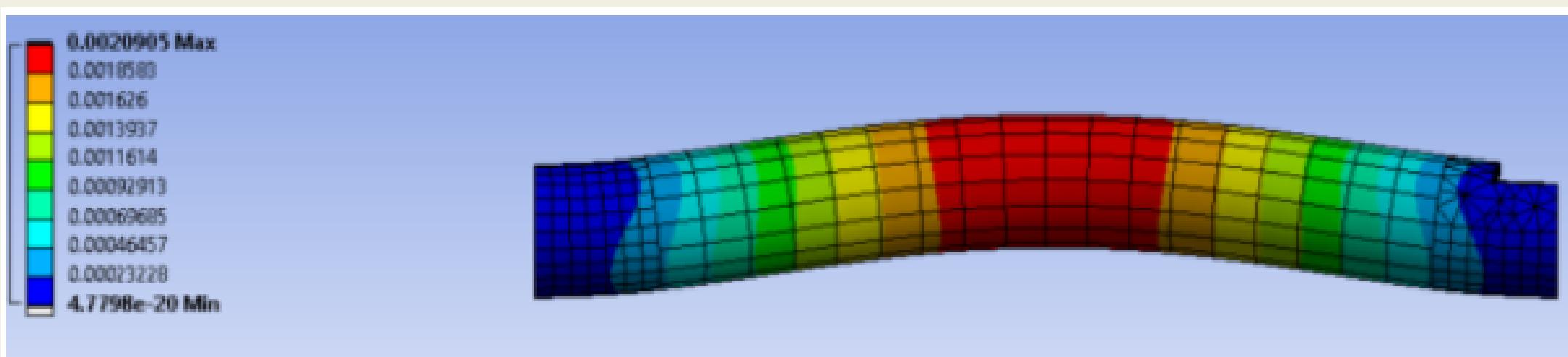
- Verificación en la carcasa



- Verificación en las extremidades



- Verificación en el eje



Subsistema de eliminación

**Servomotor
MG90S**



CÁMARA ESP 32



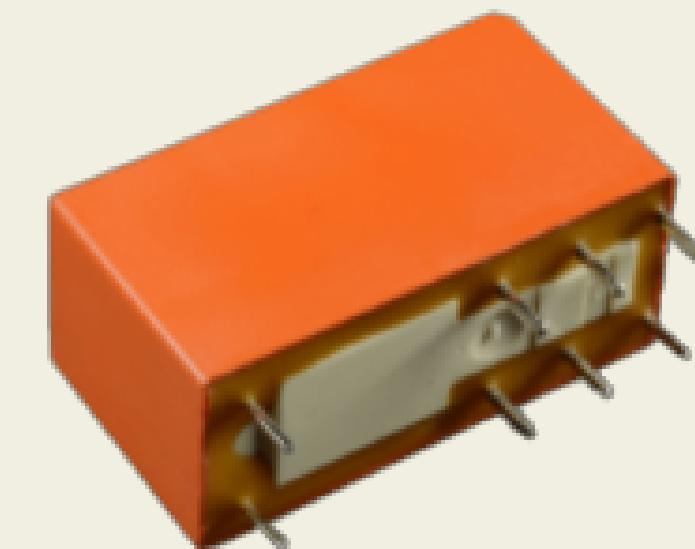
Bomba de agua RS-385



**Electrobolla
XKC-Y28-NC**



**Relé de 12 VDC
Bobina, SPDT 16A
250VAC**



Procesamiento de imágenes

Prunella vulgaris



Foeniculum vulgare



Corvolvulus arvensis



Polygonum-convolvulus



Espárrago

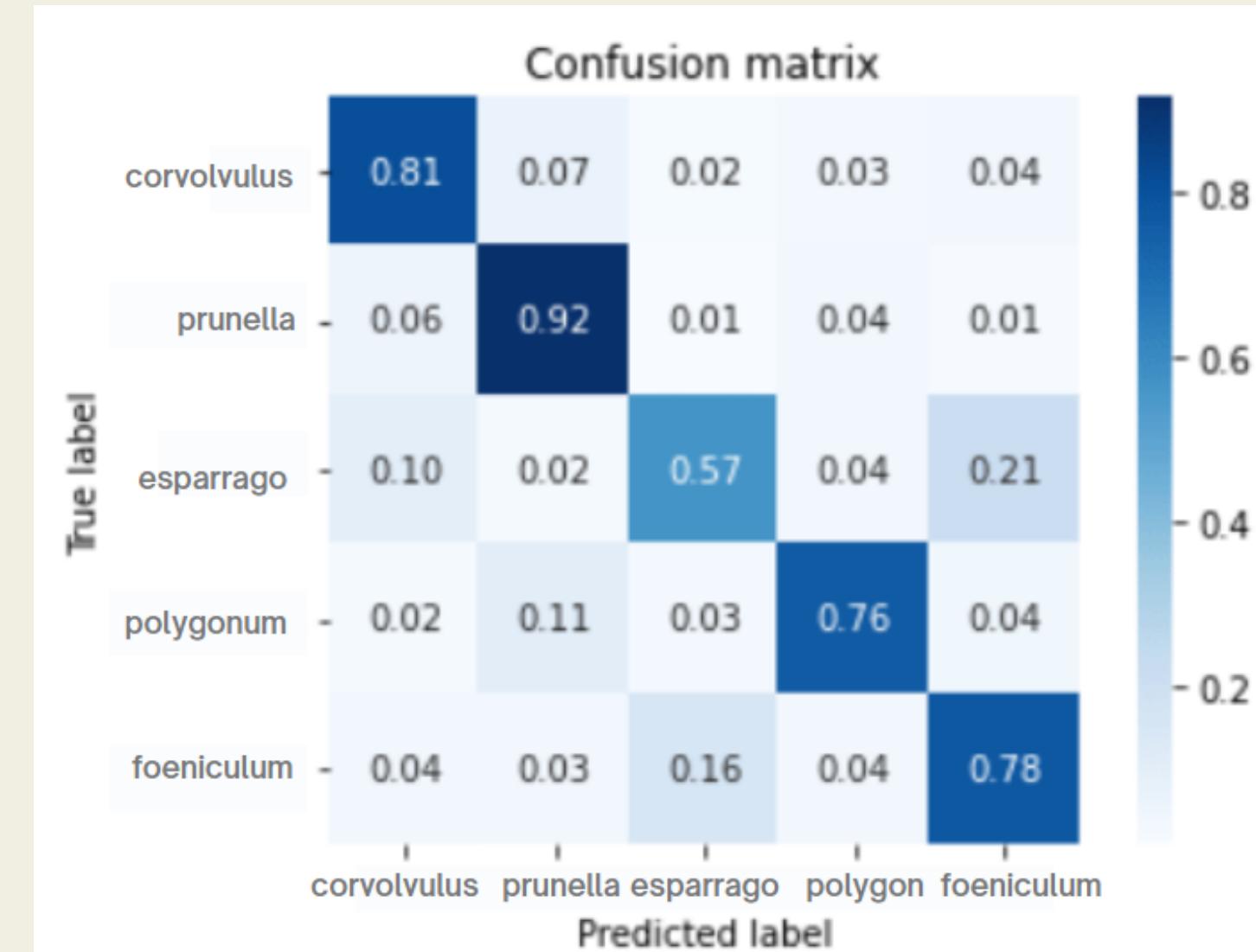


AlexNet ➔

Transferencia
de aprendizaje

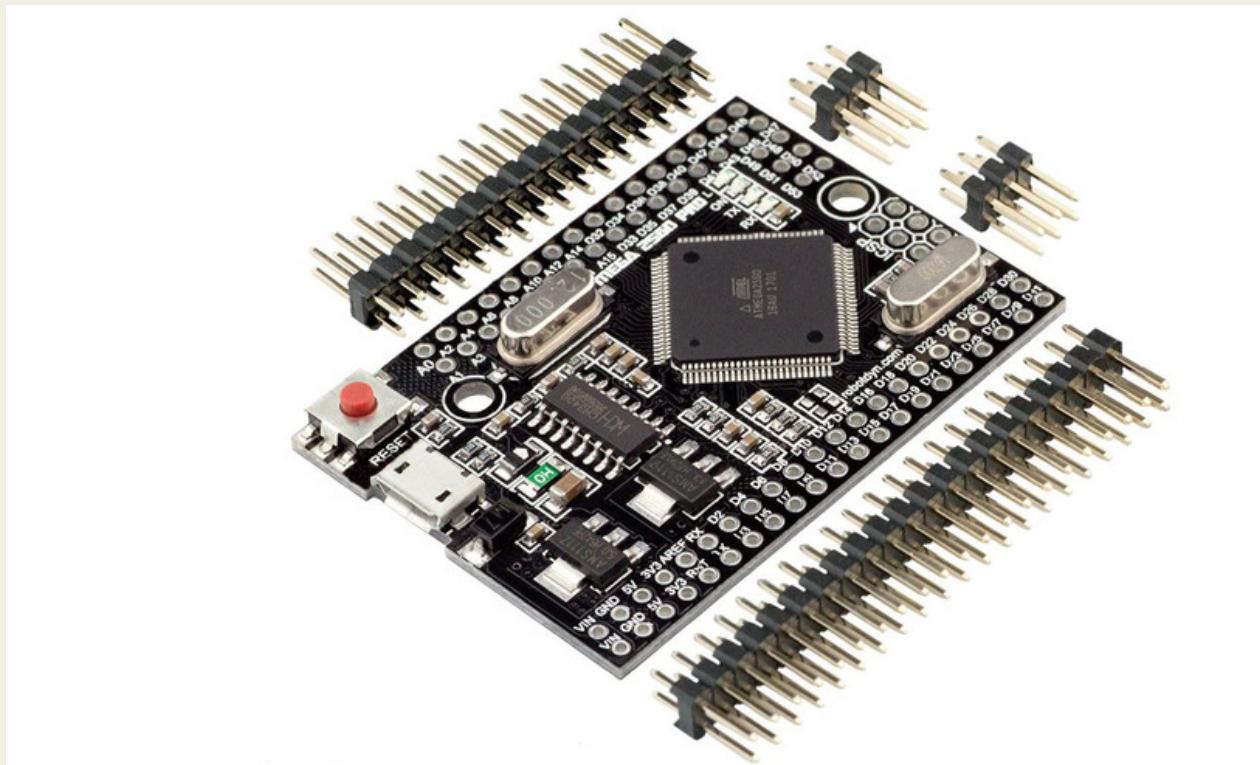
200 imágenes de entrenamiento

75 imágenes de validación

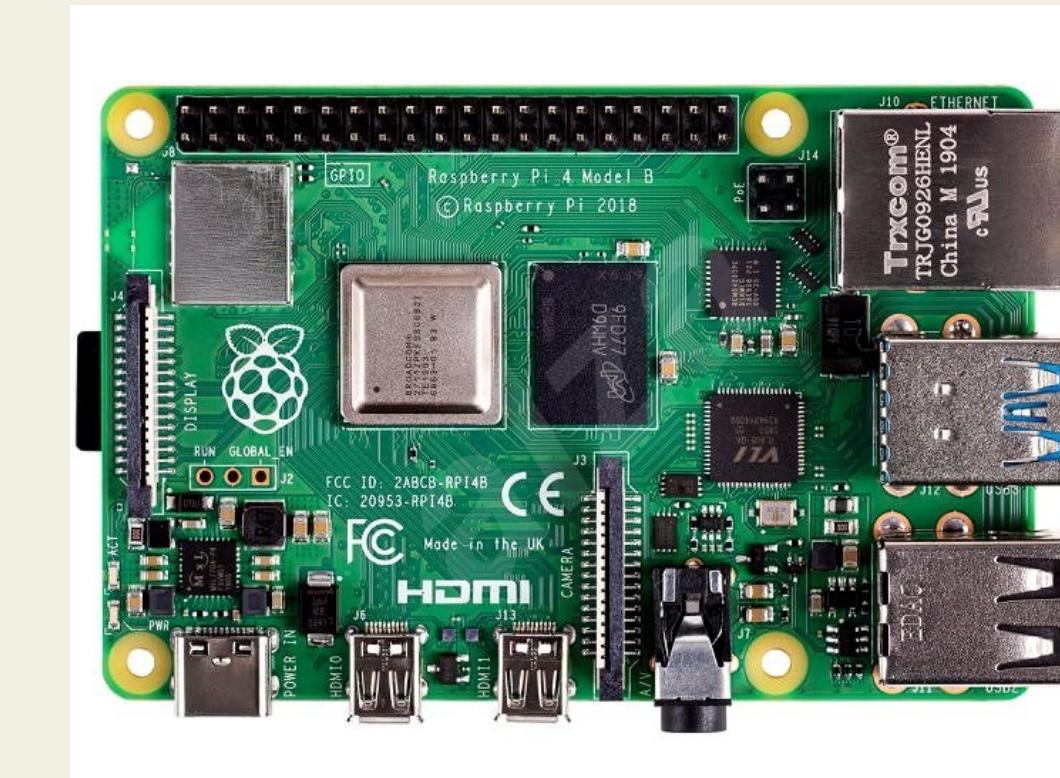


Control

Arduino Mega 2560 Pro



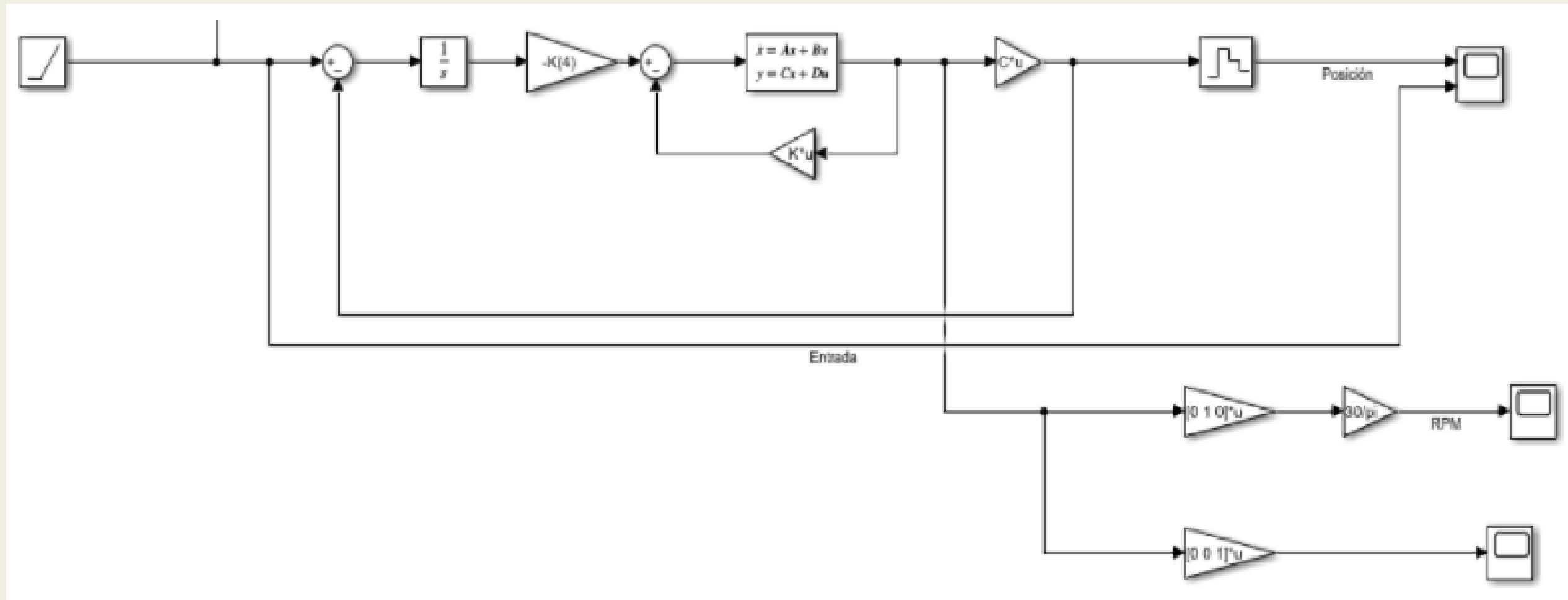
Raspberry Pi 4



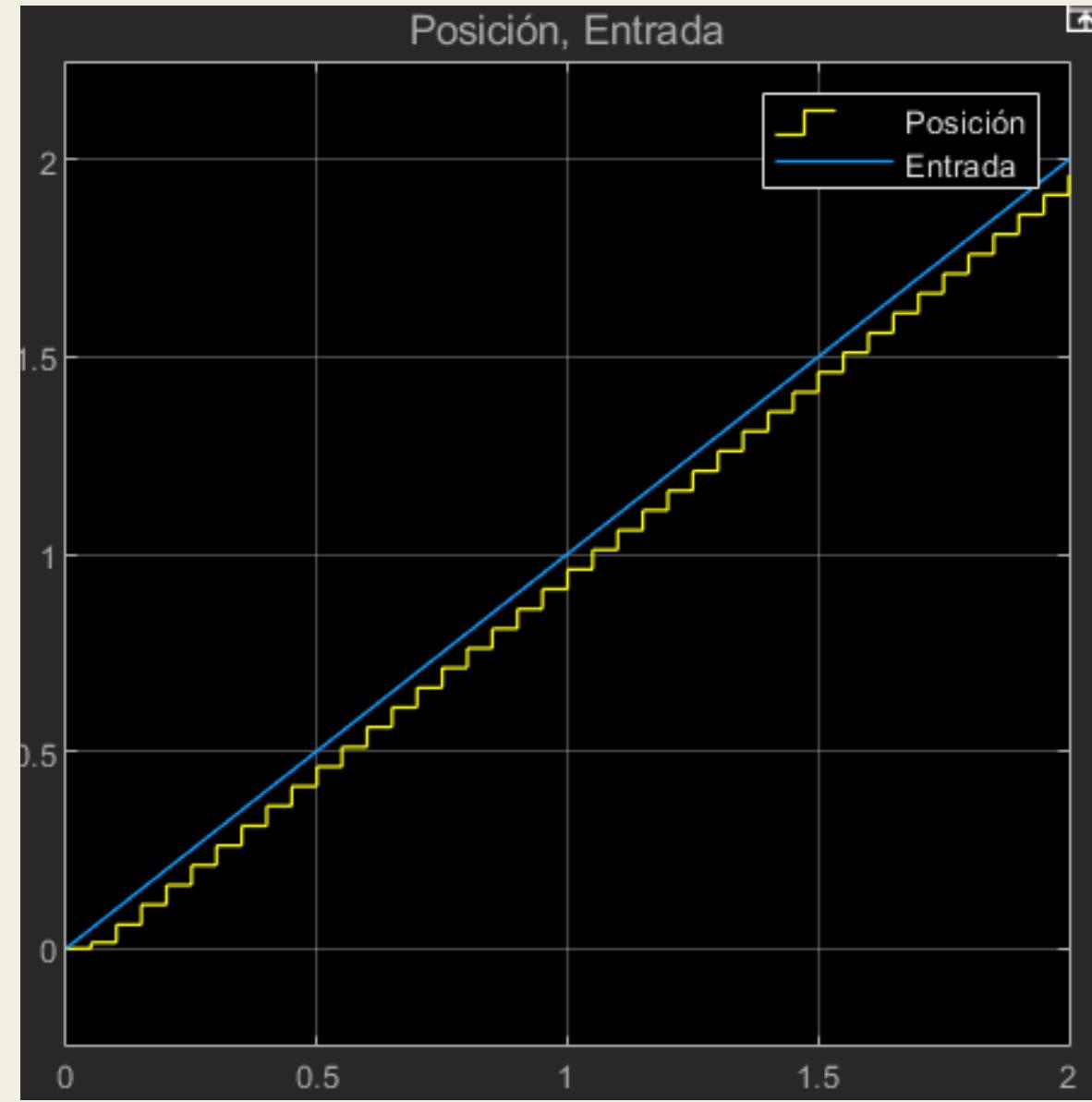
Variables a sensor o controlar:

- Posición de motores
- Velocidad de motores
- Disparo de rociado
 - Obstáculos(Lidar)
- Estado del tanque de pesticida
- Centroide de Maleza
- Recorrido de Surco
- Inicio/Fin de camino

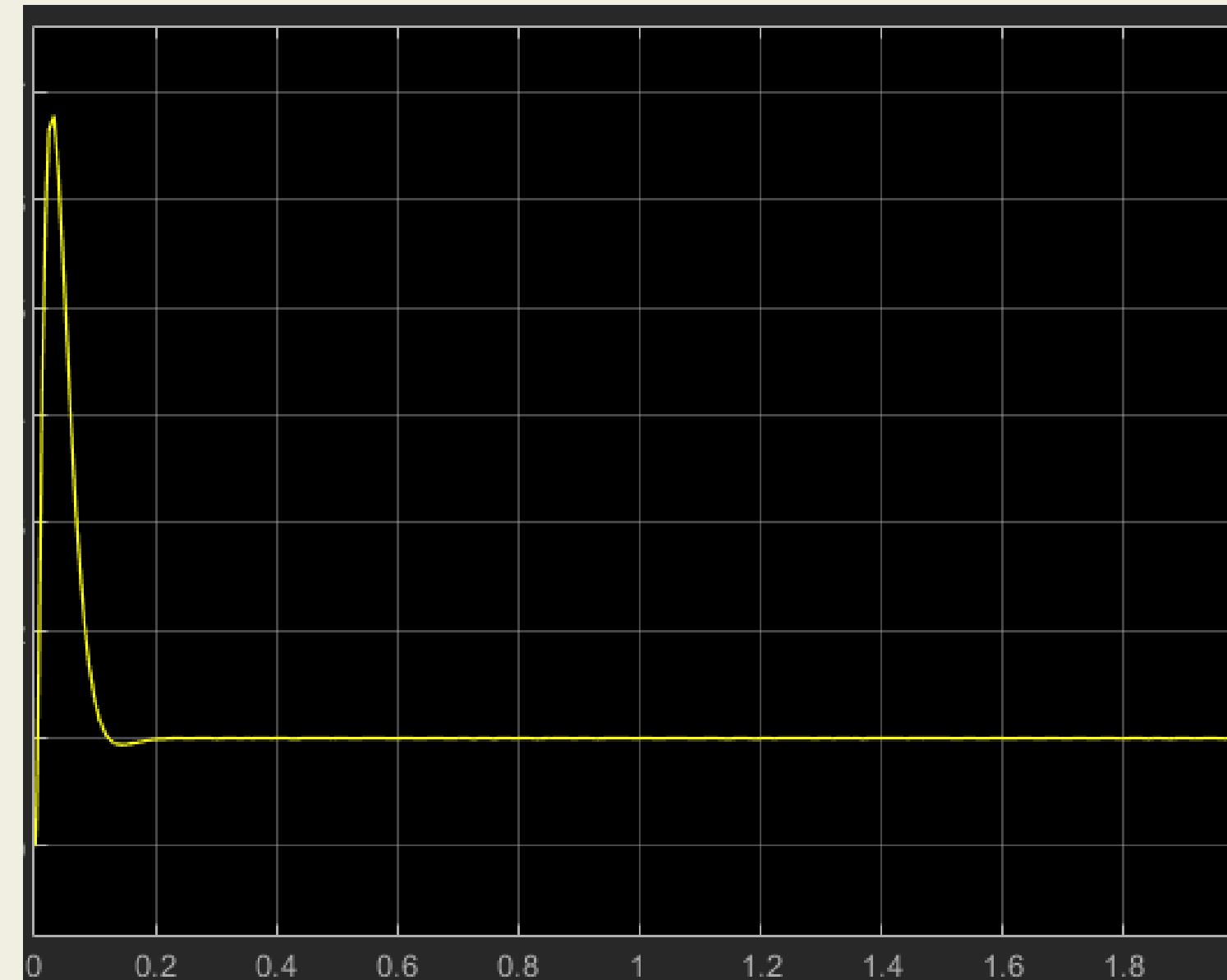
Control



Control



Posición



Corriente

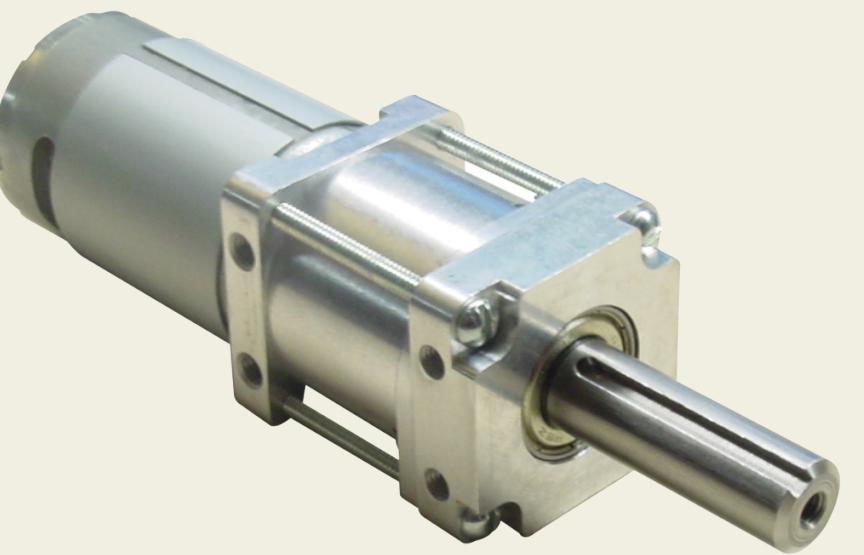
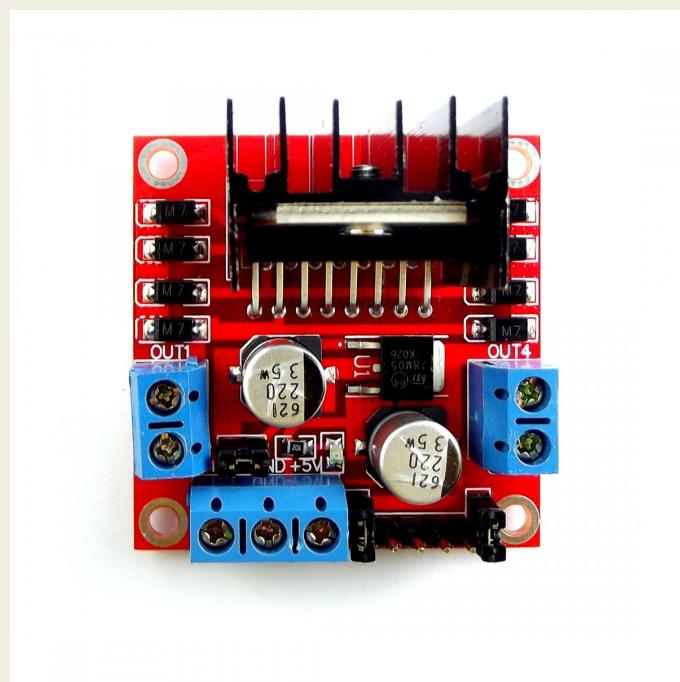
Energía



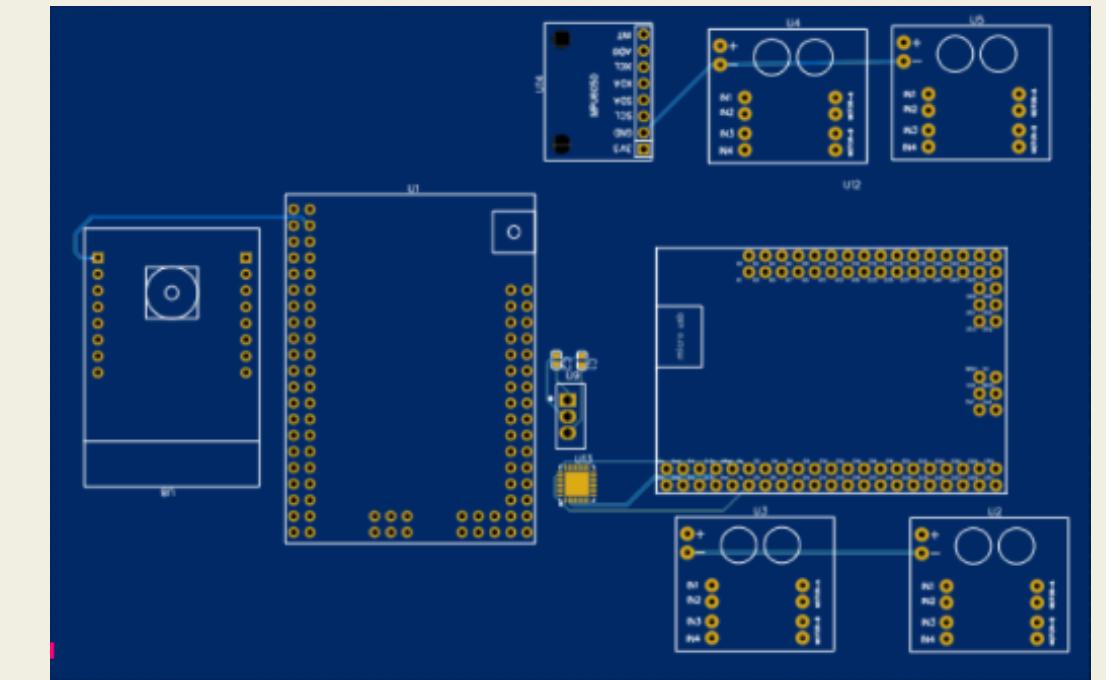
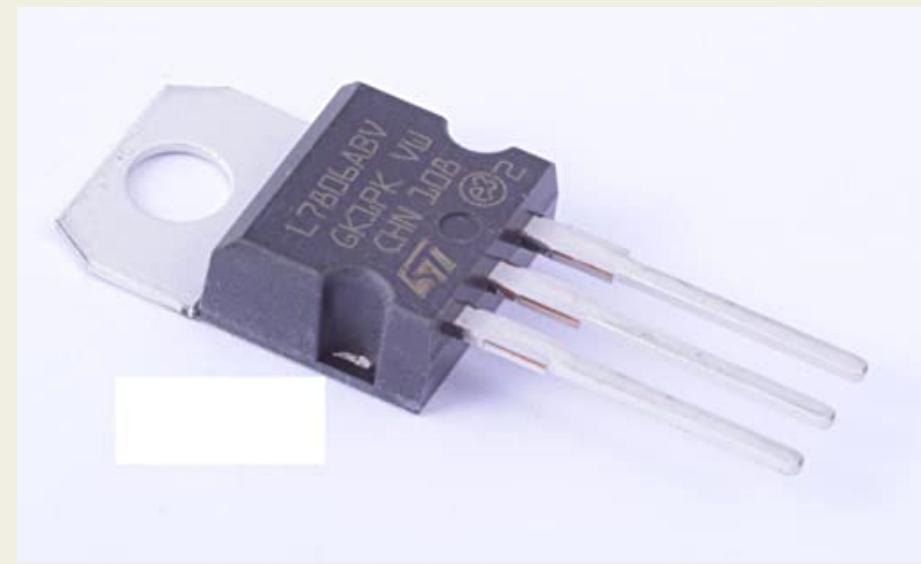
Interstate Batteries 12V

Batería de litio para Carros de
Golf-Eco-Batt 4.0LifePO4

L298N



L7806



Presupuesto

Presupuesto de carcasa y chasis del vehículo				
Componente	Cantidad	P.unit (\$/.)	Importación (\$/.)	Total (\$/.)
Perfil 50x50 espesor 3mm. Aleación Aluminio-Acero. Largo 3m.	4	S/.80.00	S/.0.00	S/.320.00
Perfil 50x50 espesor 3 mm. Aleación Aluminio-Acero. Largo 3m.	2	S/.80.00	S/.0.00	S/.160.00
Acrílico. Plancha de 1.23 x 1.83 m. Espesor 3 mm.	4	S/.147.00	S/.0.00	S/.588.00
Barra de acero inoxidable A36 (diámetro 20 mm). Largo 1 m	2	S/.97.00	S/.0.00	S/.194.00
Perno M10x55mm	16	S/.4.00		S/.64.00
Tuerca M10	56	S/.0.50		S/.28.00
Perno M10x70mm	56	S/.4.50		S/.252.00
Rodamiento rígido de bolas (10PCS/TUBE)	1	S/.32.99	S/.8.00	S/.40.99
Llantas	4	S/.20.00	S/.0.00	S/.80.00
Total				S/.1,726.99

Presupuesto del sistema de rociado				
Componente	Cantidad	P.unit (\$/.)	Importación (\$/.)	Total (\$/.)
Tanque de pesticida	1	S/.49.00	S/.0.00	S/.49.00
Tubo PVC diámetro 1/2" x 1m	1	S/.12.00	S/.0.00	S/.12.00
Codo 1/2" x 90°	2	S/.2.00	S/.0.00	S/.4.00
Manguera diámetro 1/2"	1	S/.2.80	S/.0.00	S/.2.80
Bomba	1	S/.17.00	S/.0.00	S/.17.00
Servomotor	2	S/.12.00	S/.0.00	S/.24.00
Electrobolla	1	S/.31.68	S/.0.00	S/.31.68
Rele	1	S/.13.50	S/.0.00	S/.13.50
CÁMARA ESP 32	1	S/.48.00	S/.0.00	S/.48.00
Total				S/.153.98

Presupuesto del sistema de navegación				
Componente	Cantidad	P.unit (\$/.)	Importación (\$/.)	Total (\$/.)
Lidar 2D TeraRanger Evo 3m ToF Rangefinde	1	S/.62.54	S/.18.00	S/.80.54
IMU - MPU6050	1	S/.15.50	S/.0.00	S/.15.50
Encoder TCUT1600X01	4	S/.33.00	S/.0.00	S/.132.00
Motorreducto PDX26	4	S/.343.00	S/.120.00	S/.1,492.00
Driver motor L298N	4	S/.12.00	S/.0.00	S/.48.00
Total				S/.1,768.04

Presupuesto del sistema de control y comunicación				
Componente	Cantidad	P.unit (\$/.)	Importación (\$/.)	Total (\$/.)
Arduino Mega 2560 Pro	1	S/.65.00	S/.0.00	S/.65.00
Raspberry Pi 4	1	S/.484.00	S/.0.00	S/.484.00
Módulo Wi-Fi ESP8266 WIFI-	1	S/.20.00	S/.0.00	S/.20.00
Pulsador Liviano rojo (XB7-EA2)	1	S/.7.90	S/.0.00	S/.7.90
Total				S/.576.90

Presupuesto del sistema de energía				
Componente	Cantidad	P.unit (\$/.)	Importación (\$/.)	Total (\$/.)
Batería de litio para Carros de Golf-Eco-Batt 4.0LifePO4	1	S/.1,203.00	S/.530.00	S/.1,733.00
Total				S/.1,733.00

Operación	Costo total
Torneado de ejes	S/.120.00
Fundicion (para acoples)	S/.480.00
Impresion de PCB	S/.163.20
Total	S/.763.20

Presupuesto compilado

ITEM	COSTO (S/.)
Carcasa y chasis del vehículo	S/.1,726.99
Sistema de rociado	S/.153.98
Sistema de navegación	S/.1,768.04
Sistema de control y comunicación	S/.576.90
Sistema de energía	S/.1,733.00
Fabricación	S/.763.20
Diseño	S/.3,000.00
TOTAL	S/.9,722.11

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Abouzahir, M. Sadik, E. Sabir , 2018. Enhanced Approach for Weeds Species "Detection Using Machine Vision". En 2018 International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science (ICECOCS)- IEEE, Kenitra, Morocco, 1-6. Diciembre 2018. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICECOCS.2018.8610505>
- [2] FAO. "Recomendaciones para el manejo de malezas". pp. 9. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a0884s/a0884s.pdf>
- [3] B.E. Jaramillo-Colorado, F. Palacio-Herrera, I. Pérez-Sierra , 2016. "Residuos de pesticidas organofosforados en frutas obtenidas de plazas de mercado y supermercados en Cartagena, Colombia". Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 25(4), pp. 39-46.
- [4] J. Delgado, A. Alvarez, J. Yáñez. "Uso indiscriminado de pesticidas y ausencia de control sanitario para el mercado interno en Perú" Rev. Panam Salud Pública. 2018;42:e3. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.3>.
- [5] T. Utstumo, F. Urdal, A. Brevik, J. Dørum, J. Netland, J. Overskeid y J . T. Gravdah (2018). Robotic In-Row Weed Control in Vegetables. Computers and Electronics in Agriculture, 154, 36-4. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.043>
- [6] FAO. Recomendaciones para el manejo de malezas. pp. 8. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a0884s/a0884s.pdf>
- [7] "Oz weeding robot", 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.naio-technologies.com/en/agricultural-equipment/weeding-robot-oz/>
- [8] "Comment financer l'achat d'un robot agricole?", 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.naio-technologies.com/machines-agricoles/robot-de-desherbage-oz/financer-achat-robot-agricole/>
- [9] Vitirover.fr. 2021. [online] Recuperado de: <https://www.vitirover.fr/en-home> [Accessed 14 April 2021].
- [10] Vitirover.fr. 2021. [online] Recuperado de: <https://www.vitirover.fr/en-robot> [Accessed 14 April 2021].
- [11] AECOC (2020) "SwagBot, el robot autónomo para agricultura que llegará al mercado en 2020"
[Artículo]. Recuperado de:
<https://www.aecoc.es/innovation-hub-noticias/swagbot-el-robot-autonomo-para-agricultura-que-llegara-al-mercado-en-2020/>
- [12] MAQUINAC (2019) "El robot vaquero multifunción SwagBot ya está a la venta en Australia"
[Artículo]. Recuperado de:
<https://maquinac.com/2019/06/el-robot-desmalezador-y-vaquero-swagbot-ya-esta-a-la-venta-en-australia/>
- [13] K. Puerto (2016) "Los robots llegan a la granja para jubilar al perro pastor: SwagBot" [Artículo]. Recuperado de:<https://caribbeandigital.net/los-robots-llegan-a-la-granja-para-jubilar-al-perro-pastor-swagbot/>

- [14] NMAS1 (2019) "SwagBot, el robot agrícola que detecta la mala hierba y la riega con herbicidas" [Artículo]. Recuperado de: <https://nmas1.org/news/2019/02/19/robot-agricultura>
- [15] Ecorobotix (2020). "About Ecorobotix" [En línea] Disponible en: <https://www.ecorobotix.com/en/about/>
- [16] Ecorobotix (2020) "ARA Sprayer" Disponible en: https://www.ecorobotix.com/wp-content/uploads/2021/02/Ecorobotix_FlyerPres-ARA-sprayer_EN.pdf
- [17] Ecorobotix (2020). "AVO The autonomous robot weeder". Disponible en: <https://www.ecorobotix.com/en/avo-autonomous-robot-weeder/>
- [18] S. Campos, J. López, M. Cadena, M. Reynolds, N. Cuervo Piña & G. Ramírez (2015). "Desarrollo de un penetrómetro integrado con tecnología GPS-RTK para la generación de mapas de resistencia a la penetración del suelo". *Terra Latinoamericana*, 33(2), 119-128. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200119&lng=es&t1lng=es.
- [19] D. Villarroel, F. Scaramuzza , A. Méndez y J. Vélez(2014). "El posicionamiento satelital y sus sistemas de corrección" [Artículo]. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_c3- el posicionamiento satelital y sus sistemas .pdf
- [20] "Farmdroid FD20 fact sheet automatic seeding & weeding robot", 2020 [En línea]. Disponible en: <https://farmdroid.dk/wp-content/uploads/Factsheet-FD20-v1.2.pdf>
- [21] Rippa Robot , 2015. [online] Recuperado de : <https://www.sydney.edu.au/news-opinion/news/2015/10/21/rippa-robot-takes-farms-forward-to-the-future-.html>
- [22] Benavides, Joel , 2015. "Diseño de un sistema automático de control mecánico de malezas en cultivos de algodón" [Tesis]. Recuperado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6902>
- [23] J. M. Jácome, M. D. Barreno, "Diseño y construcción de un prototipo robotizado para el deshierbe automático en zonas planas de cultivos de maíz en su etapa inicial, a través de técnicas de visión artificial, para la asociación "Unión y Progreso" del Cantón Píllaro, provincia de Tungurahua", Trabajo de fin de grado, Univ. de las FF. AA. - ESPE, Sangolquí, Ecuador, 2017. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13831>
- [24] Diseño de un robot móvil de servicio para aplicaciones de fumigación del cultivo de maíz en la provincia de Concepción de la región Junín [Tesis] Recuperado de: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8025>
- [25] Eprints.ucm.es. 2021. [online] Recuperado de: <<https://eprints.ucm.es/id/eprint/38352/1/T37476.pdf>> [Accessed 14 April 2021].
- [26] R. Pulido, E. Andrés, Z. Meneses, M. Esteban (2017) "Desarrollo de sistema autónomo y prototipado robótico par fumigación de cultivos de tomate" [Artículo]. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1471>