

SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA ELIMINACIÓN DE MALEZA EN EL CULTIVO DE ESPÁRRAGOS

METODOLOGÍA DE DISEÑO MECATRÓNICO

Integrantes:

- Antony Arévalo 20166293
- Malena Huancas 20170364
- Abigail Atencio 20167448
- Eliane Rodriguez 20170070
- Dyango De Vettori 20170536
- Sebastian Jaimes 20162051

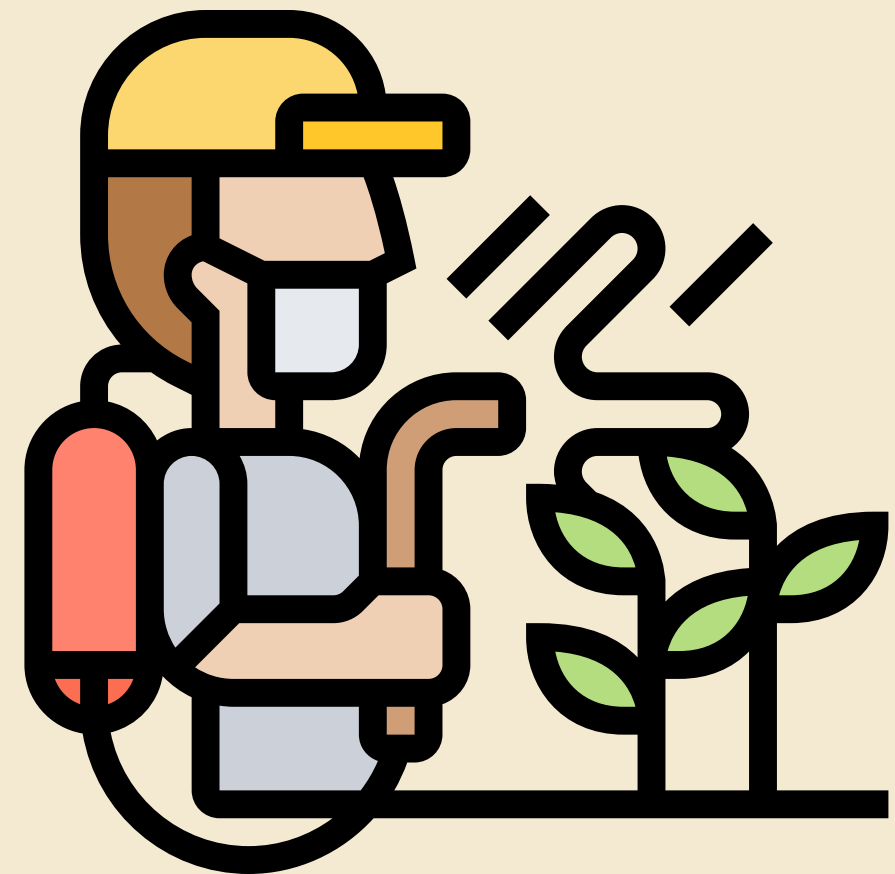
Problema

Si bien es cierto, existen estudios sobre agricultura de precisión en el país para el control de malezas, aún no es un tipo de tecnología recurrente para el sector agrónomo.



Propuesta de solución

Como una posible solución se plantea desarrollar un sistema móvil automático y semiautónomo que identifique y elimine la maleza en cultivos de hortalizas en un terreno de 6 hectáreas y reduzca los efectos colaterales del uso excesivo de herbicidas en la economía, salud, y trazas en el cultivo.



Objetivos

Diseñar un sistema móvil de identificación y eliminación automatizado en cultivos de hortaliza.

- Investigar el estado del arte de la identificación y eliminación de maleza que afecta a los cultivos de espárragos en el Perú.
- Diseñar el sistema de identificación de malezas.
- Diseñar el sistema de eliminación de malezas.
- Diseñar el sistema de desplazamiento.
- Diseñar la interfaz de usuario.



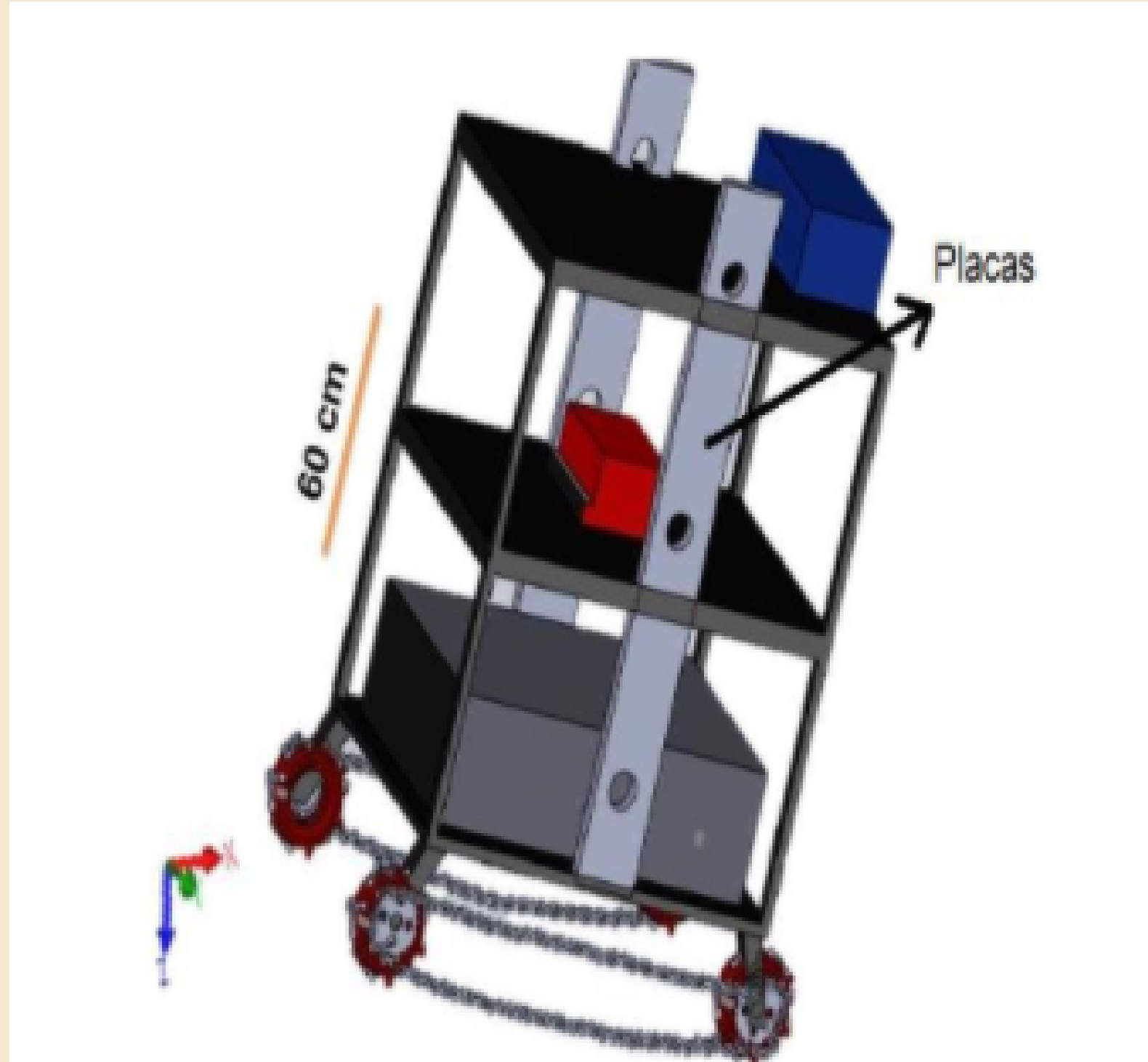
Estado del arte

1. Producto comercial:



Fuente: <https://farmdroid.dk/en/welcome/>

2. Producto de investigación:

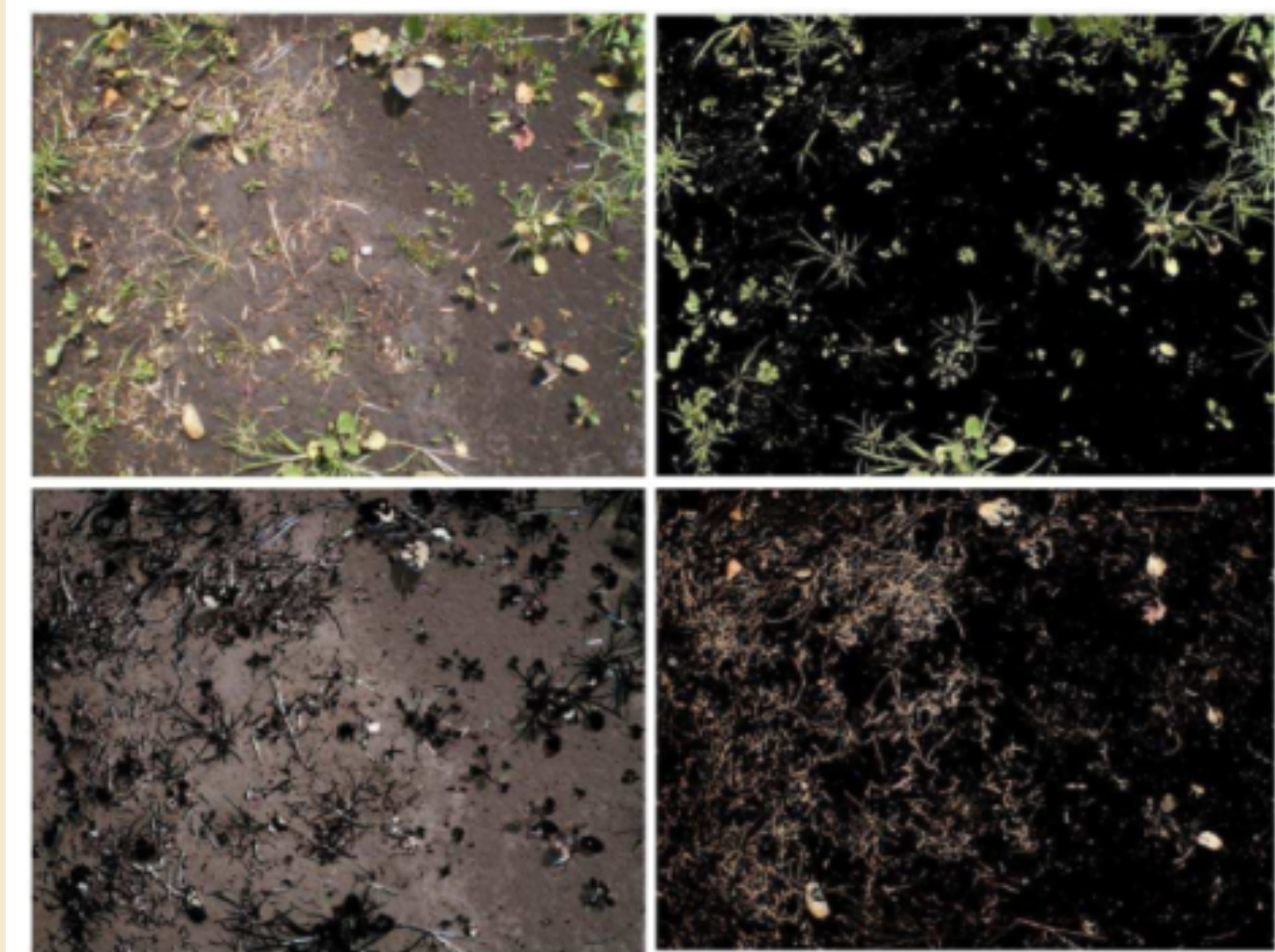


Fuente: <https://core.ac.uk/reader/85002860>

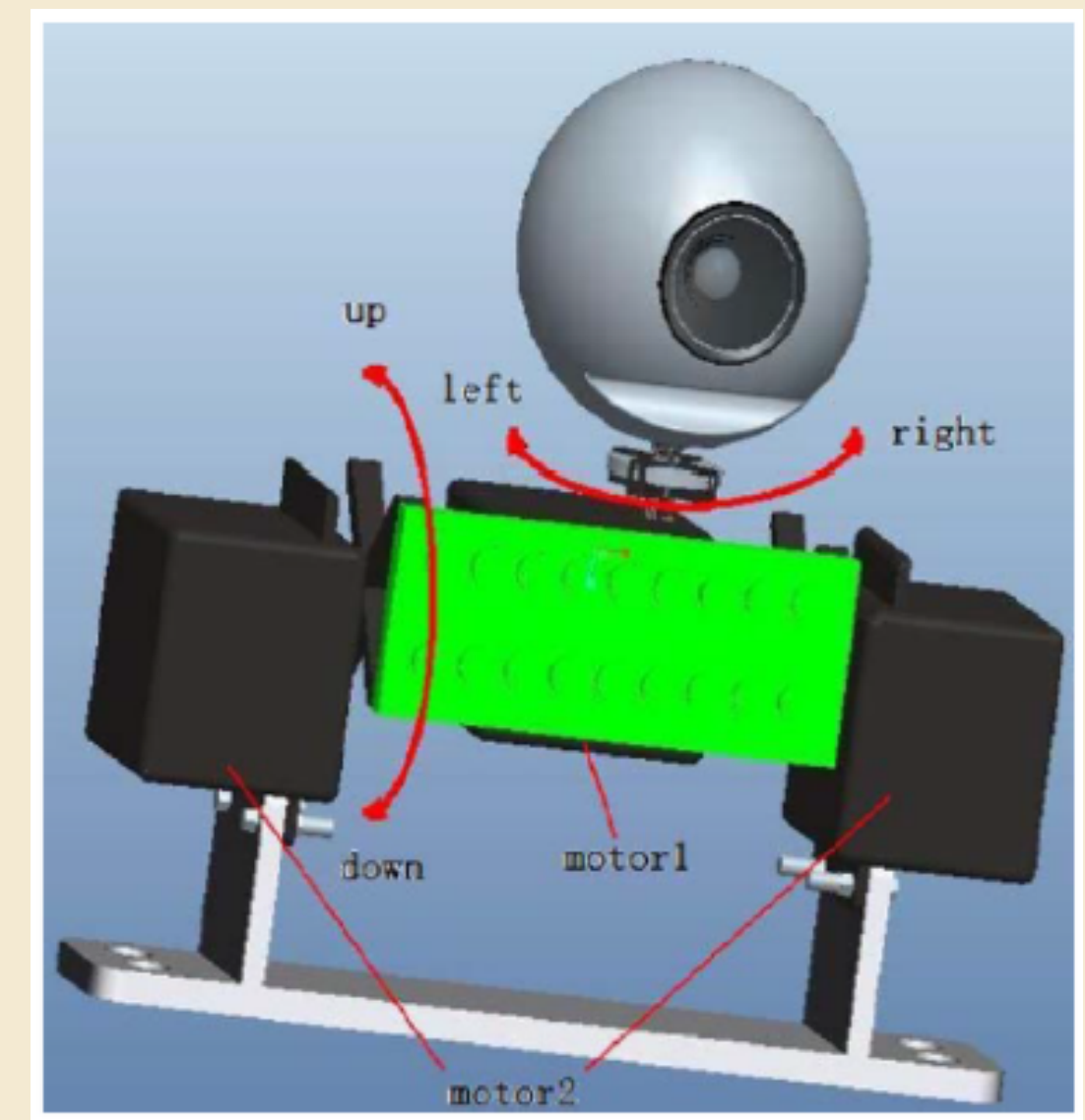
Estado del arte

2. Subsistemas

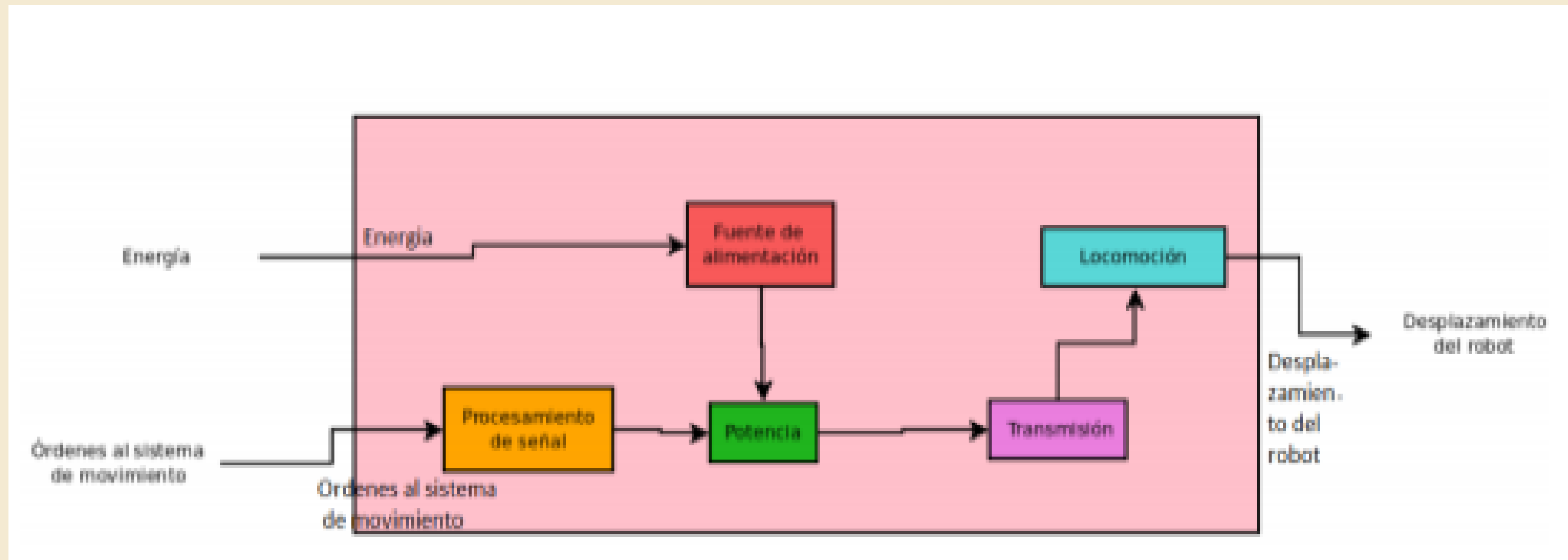
- Sistema de identificación de maleza



- Sistema de eliminación de maleza



- **Sistema de conducción autónoma en campos de cultivo**





REQUERIMIENTOS

Lista de Requerimientos

Función Principal			
21/4/2021	E	El sistema debe ser capaz de detectar malezas en cultivos de espárrago con una precisión mayor al 80%.	Sebastian
21/4/2021	E	El sistema debe aplicar herbicida directamente a toda maleza detectada.	Sebastian
Geometría			
21/4/2021	D	Los rociadores deben ubicarse a una altura exacta por encima de las ruedas.	Sebastian
21/4/2021	D	El sistema debe contar con ruedas con separación ajustable a la distancia entre filas del arado, las cual varía entre 1 y 1.5 metros.	Sebastian
21/4/2021	E	El sistema debe tener unas medidas generales de máximo 1.50 m de ancho, 1.60m de altura y 1.60m de largo. (altura del cultivo :[0.4 0.6]m)	Sebastian
Cinemática y fuerzas			
21/4/2021	E	El sistema debe tener una velocidad lineal máxima de alrededor de 0.5 m/s	Sebastian
21/4/2021	E	El sistema debe ser capaz de soportar la fuerza ejercida debido al peso de la misma, el cual debe ser como mínimo 150 kg y como máximo 300 kg.	Sebastian

Modo de operación			
21/4/2021	E	Aplicación de pesticida de forma automática cuando se detecten plantas de maleza.	Eliane
21/4/2021	E	Monitoreo de funciones de pulverización y navegación de forma remota por un operador.	Eliane
21/4/2021	E	Navegación autónoma a través de las hileras de cultivo.	Eliane
Condiciones de operación			
21/4/2021	E	El sistema debe ser capaz de moverse por terreno arenoso (90% arena y 10% otro) para un buen drenaje sin dificultad.	Antony
21/4/2021	E	El sistema no debe verse afectado por trabajos a temperaturas entre 15° y 31°	Antony
21/4/2021	E	La altura de trabajo es de 0 msnm.	Antony
Fabricación			
21/4/2021	E	Material: - Como características para la carcasa del diseño, debe tener resistencia a la corrosión y resistencia a las temperaturas extremas y una elevada maquinabilidad. - Como características para el chasis deben ser ligeros, resistentes y de fácil adaptación. - Para el eje de transmisión debe ser un material con alta resistencia para soportar altas potencias.	Abigail
21/4/2021	D	Las piezas mecánicas necesarias para la implementación deberán ser adquiridas a través del mercado local para evitar costos de importación.	Abigail
Transporte			
21/4/2021	D	Se requerirá de un carro para su transporte antes o después de la operación.	Abigail

Mantenimiento y limpieza			
21/4/2021	D	El mantenimiento preventivo se debe realizar cada 10,000 horas de trabajo.	Antony
21/4/2021	D	El diseño del robot debe evitar que se acumule suciedad en lugares de difícil acceso.	Antony
Costos y plazos			
21/4/2021	E	Costo de diseño: 4,000 - 6,000 nuevos soles	Antony
21/4/2021	E	Costo de implementación: 1,000 - 2,000 nuevos soles	Antony
21/4/2021	E	Costo del equipo: 5,000 - 8,000 nuevos soles	Antony
21/4/2021		Entrega final: 7 de Julio de 2021	Todos
Comunicaciones			
21/4/2021	D	Protocolos de comunicación entre controlador, actuadores y sensores robustos.	Malena
21/4/2021	E	Comunicación entre el equipo y el usuario: rango de alrededor de 100 metros. Se enviarán alertas si la máquina terminó de recorrer la parcela o si el camino fue bloqueado por algún obstáculo, cuánta batería le queda y el nivel de pesticida.	Malena
Seguridad			
21/4/2021	E	La máquina estará diseñada para que el riesgo sea mínimo pues esta podrá funcionar autónomamente.	Malena
21/4/2021	E	La máquina contará con una parada de emergencia en caso de algún riesgo y habrá un aislamiento eléctrico.	Malena
21/4/2021	D	Se brindará un manual de usuario con el método de uso documentado y explicado de forma entendible.	Malena

Ergonomía			
21/4/2021	E	Se debe cumplir con la Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico (2008).	Malena
21/4/2021	D	El vehículo deberá ser estético para su comercialización.	Malena
Control			
21/4/2021	E	La máquina debe ser capaz de procesar las señales de entrada de los sensores y enviar señales de salida a los actuadores de forma precisa para poder aplicar el herbicida sin dañar las hortalizas aledañas.	Dyango
21/4/2021	D	La máquina debe poseer un sistema de control de tipo realimentado.	Dyango
21/4/2021		Variables de control: - Velocidad y posición del vehículo - Flujo del pesticida	Dyango
Energía			
21/4/2021	D	Fuente de alimentación: panel solar y/o baterías de 24V recargables.	Eliane
21/4/2021	D	Autonomía de 8 h	Eliane

Hardware			
21/4/2021	E	La máquina requiere por lo menos una cámara que registre el entorno en el que se encuentra.	Eliane
21/4/2021	D	Motor eléctrico.	Eliane
21/4/2021	E	La máquina requiere un controlador para el procesamiento de señales análogas y digitales.	Eliane
21/4/2021	E	Sistema integrado de válvulas y boquillas para pulverización de precisión.	Eliane
21/4/2021	E	Sensores LIDAR y ultrasonido para la identificación de entorno.	Eliane
21/4/2021	E	Sensores de humedad y de nivel.	Eliane
Software			
21/4/2021	E	Implementación del algoritmo para procesamiento de imágenes en tiempo real que se encargue de activar el sistema de rociado únicamente cuando haya maleza, de forma que se evite dañar el cultivo de espárragos.	Dyango
21/4/2021	E	Interfaz humano - máquina para ingreso de comandos de operación.	Dyango



FUNCIONES

Energía Mecánica

Energía Eléctrica

Posición Inicial del Vehículo

Espacio de trabajo (dimensiones)

Entorno del cultivo

Señal de Encendido

Señal de Inicio

Señal de Parada de Emergencia

Pesticida

BlackBox

Calor, ruido y vibraciones

Alerta de Fallo de Sistema

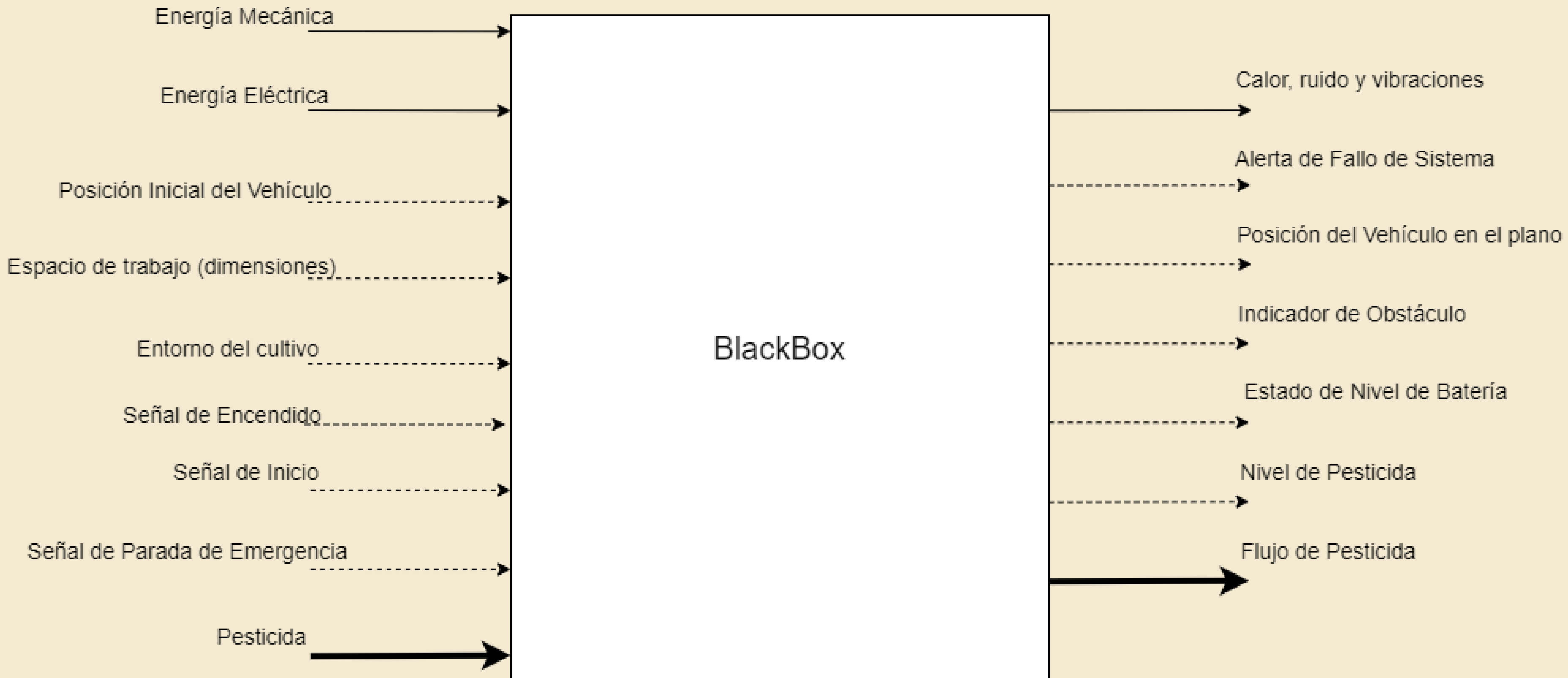
Posición del Vehículo en el plano

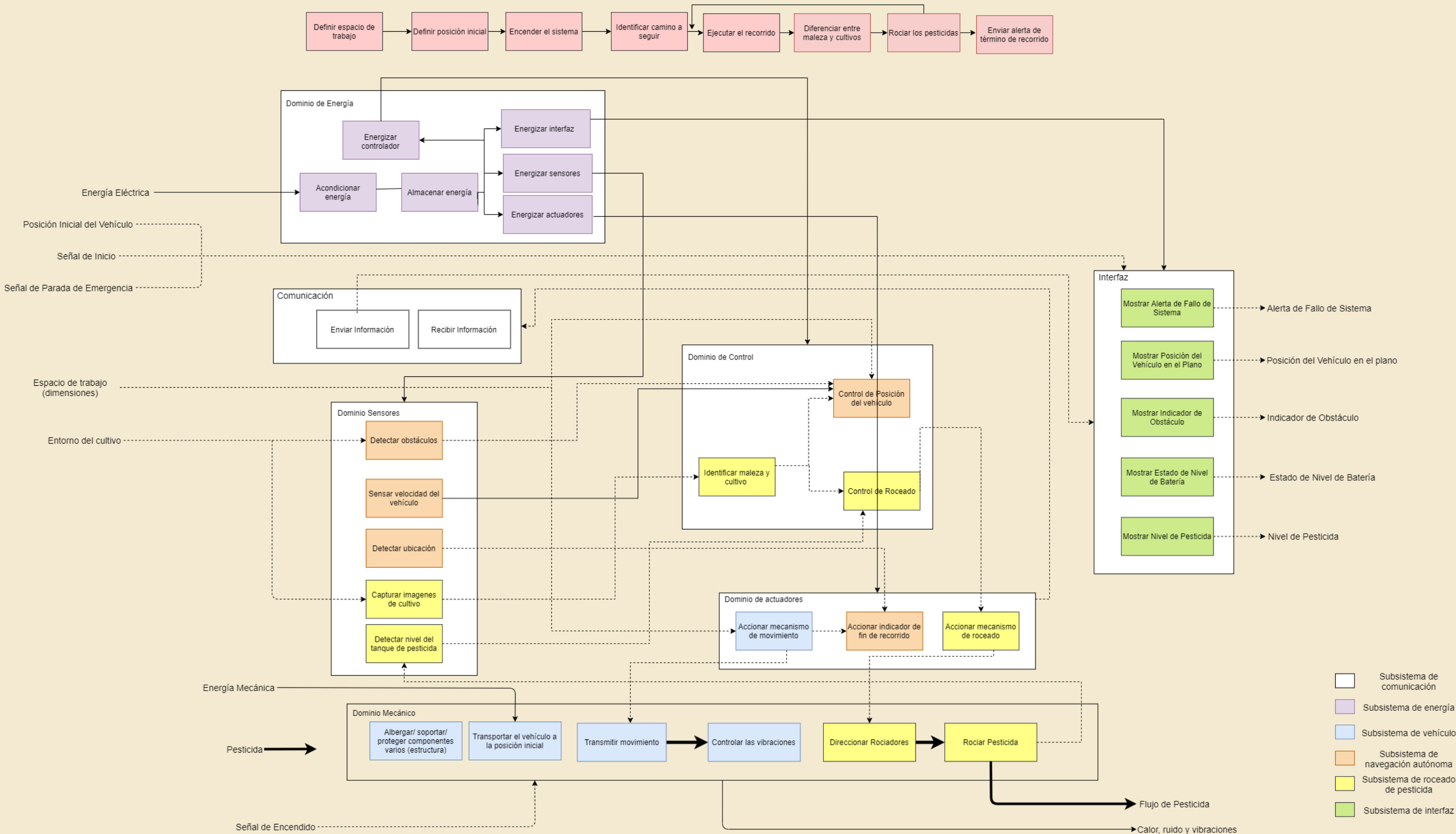
Indicador de Obstáculo

Estado de Nivel de Batería

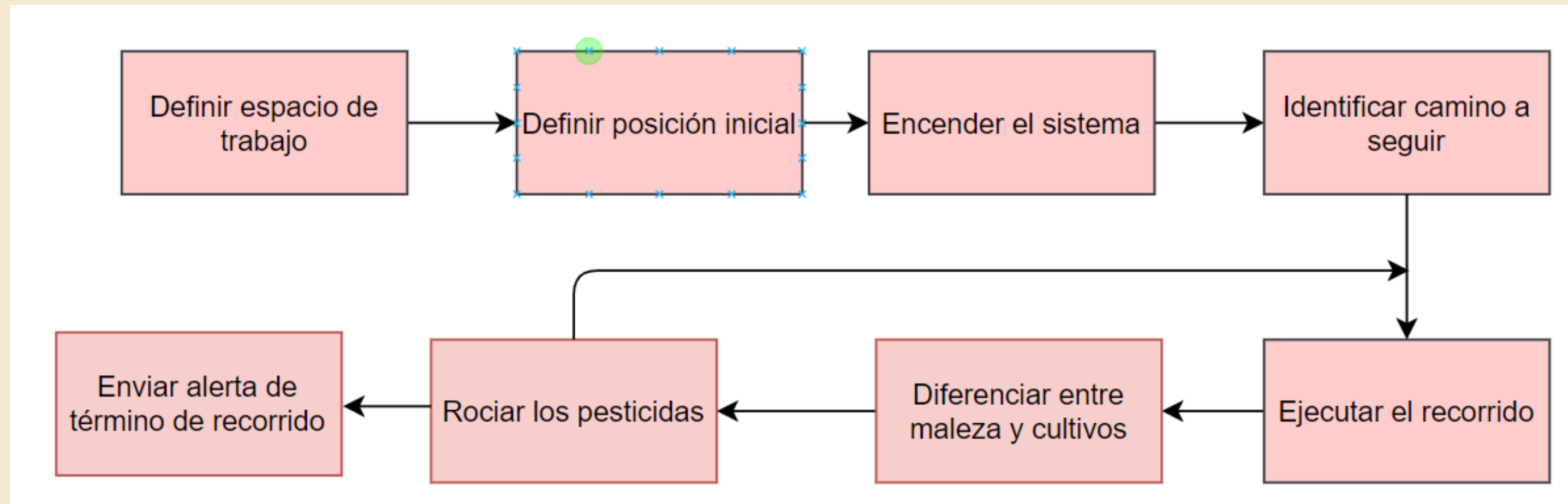
Nivel de Pesticida

Flujo de Pesticida





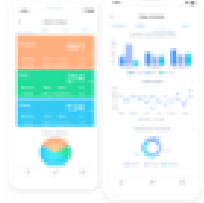


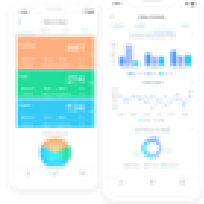


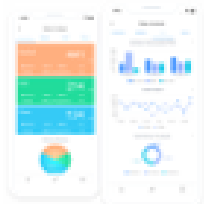


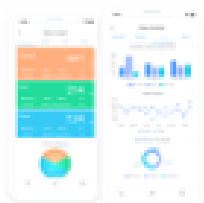


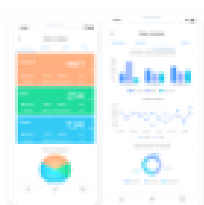
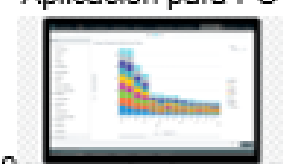

Flujo del sistema

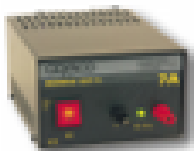










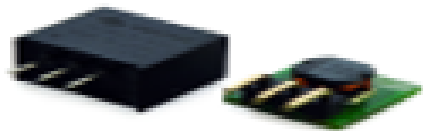












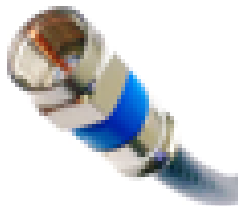

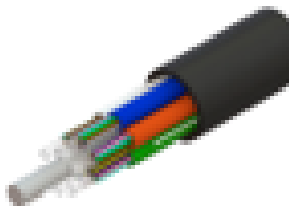


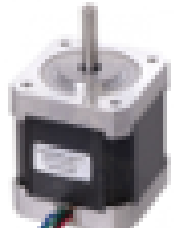

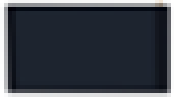



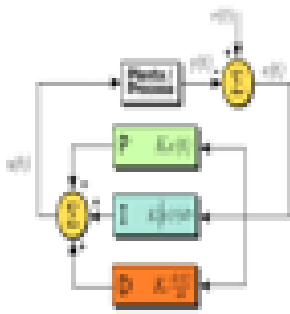
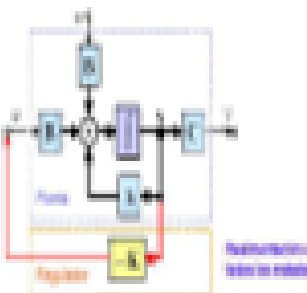
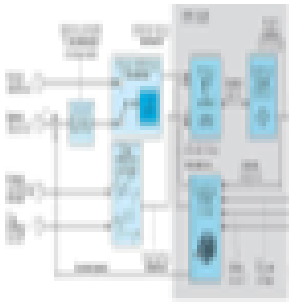
MATRIZ MORFOLÓGICA

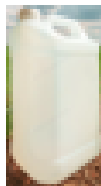















Matriz Morfológica



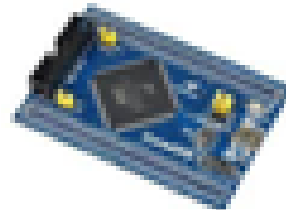

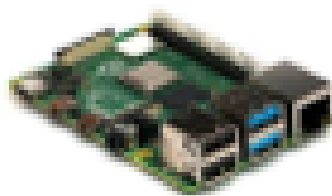
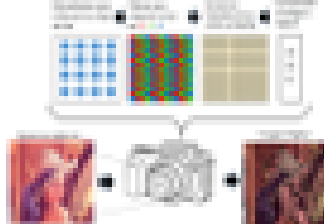
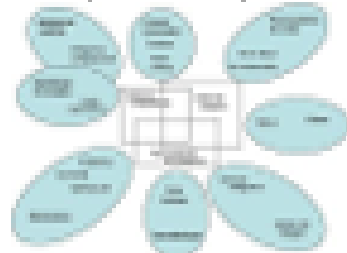

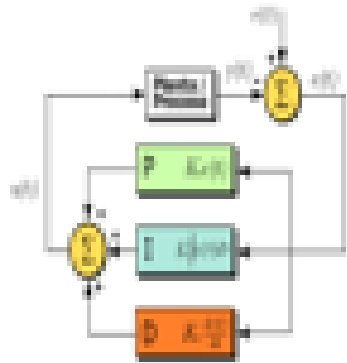
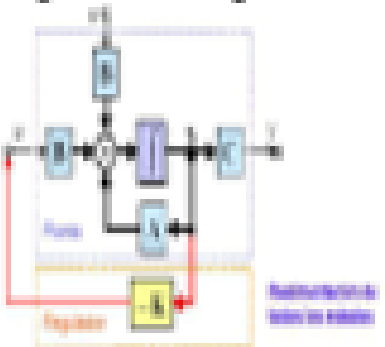
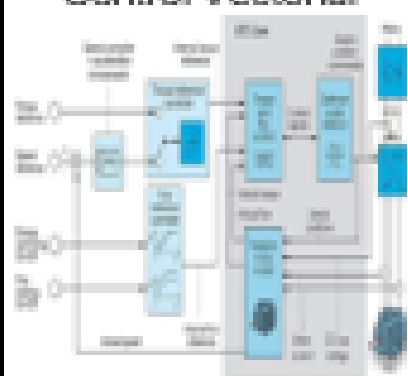
		Función (funciones parciales)	Subsistema de interfaz					
			S1	S2	S3	S4	S5	S6
	Dominio de comunicación	Enviar Información	Bluetooth	Wifi	RFID	ZigBee	WIMAX	UWB (Ultra Wide Band)
Dominio de interfaz		Mostrar Alerta de Fallo de Sistema	Aplicación de celular 	Aplicación para PC 	Aplicación en tablet 			
		Mostrar Posición del Vehículo en el Plano	Aplicación de celular 	Aplicación para PC 	Aplicación en tablet 			
		Mostrar Indicador de Obstáculo	Aplicación de celular 	Aplicación para PC 	Aplicación en tablet 			
		Mostrar Estado de Nivel de Batería	Aplicación de celular 	Aplicación para PC 	Aplicación en tablet 			
		Mostrar Nivel de Pesticida	Aplicación de celular 	Aplicación para PC 	Aplicación en tablet 			

	Subsistema de energía					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Acondicionar energía	Fuente lineal 			Fuente switching 		
Encendido de sistema	Interruptor simple 			Botón de arranque 		
Almacenar energía	Batería Plomo ácido 	Batería Níquel-Cadmio 	Batería de iones de Litio 	Batería Electrólito alcalino 		
Energizar actuadores	Reguladores de conmutación 					
Energizar sensores	Regulador integrado lineal 			Regulador de conmutación 		
Energizar controlador	Regulador de conmutación 					
Energizar interfaz	Regulador de conmutación 			Regulador integrado lineal 		

		Función (funciones parciales)	Subsistema de navegación del vehículo					
			S1	S2	S3	S4	S5	S6
Dominio mecánico	Proteger componentes electrónicos		Carcasa metálica 		Carcasa de plástico 		Acrílico 	
	Soportar componentes (chasis)		Estructura metálica 		Acero 		Fibra de vidrio 	
	Transmitir movimiento		Fajas 	Tren de engranajes 	Engranaje planetario 	Transmisión directa 	Cadenas 	
	Desplazamiento del vehículo		Ruedas 		Orugas 		Extremidades zoomórficas 	
	Dirigir vehículo		Sistema Ackerman 	Mecanismo diferencial 	Explicit Steering Configuration 	Skid Steering Configuration (AN-S) 	Movimiento de extremidades 	
Dominio de sensores	Detectar obstáculos		Sensores de ultrasonido 	Sensores infrarrojos 	Lidar 2D 	Cámara de profundidad 	Sensor capacitivo 	
	Detectar ubicación		GPS 	IMU 	Wi-Fi 		Sensor de brújula 	

		<p>Detectar la velocidad del robot</p> 	<p>Encoder</p> 	<p>Acelerómetro</p> 	<p>Tacómetro</p> 	<p>Sensor de imán permanente</p> 	<p>Sensor de guaya</p>
Dominio de comunicación	Recibir Información	<p>Cable coaxial</p> 	<p>Cable de pares</p> 	<p>Cable de fibra óptica</p> 			
Dominio de actuadores	Accionar mecanismo de movimiento del vehículo	<p>Motor DC</p> 	<p>Servomotor industrial</p> 	<p>Motor a paso</p> 			
	Accionar indicador de fin de recorrido	<p>Led</p> 	<p>Celular</p>	<p>Consola Android</p> 			
Dominio de control	Hardware	<p>Control de Posición</p> 	<p>Microcontrolador</p> 	<p>FPGA</p> 	<p>Miniprosesador</p>		
	Software	<p>Control de Posición</p> 	<p>Control PID Lineal</p> 	<p>Algoritmo Regulador</p> 	<p>Control Vectorial</p>		

			Subsistema de eliminación de malezas					
		Función (funciones parciales)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Dominio mecánico		Almacenar Pesticida	Galonera de plástico 		Tanque de plástico 		Tanque metálico 	
		Transportar pesticida	Tubo de plástico 				Manguera de plástico 	
		Rociar pesticida	Boquilla de pulverizador 				Aspersores 	
Dominio de sensores		Capturar imágenes de cultivo	Cámara 2D (AN-M-S- E-4-D) 			Cámara infrarroja 		
		Detectar nivel del tanque del pesticida	Sensores de ultrasonido 	Electro Flotadore s 	Lidar 3D 	Cámara de profundidad 	Sensor capacitivo 	
Dominio de actuadores		Accionar mecanismo de rotación de rociadores	Servomotores 			Motor DC 	Motor a pasos 	Arreglo hidráulico 
		Accionar mecanismo de rociado	Relé y electroválvula (AN-S-M-D) 			Bomba eléctrica(E-4) 		

					
Dominio de control	Hardware	Identificar maleza y cultivo	Microcontrolador 	FPGA 	MiniComputador 
		Control de rociado			
	Software	Identificar maleza y cultivo	Procesamiento de Imágenes con Filtros 	Visión por Computadora 	Redes Neuronales Convolucionales 
		Control de rociado	Control PID Lineal 	Algoritmo Regulador 	Control Vectorial 



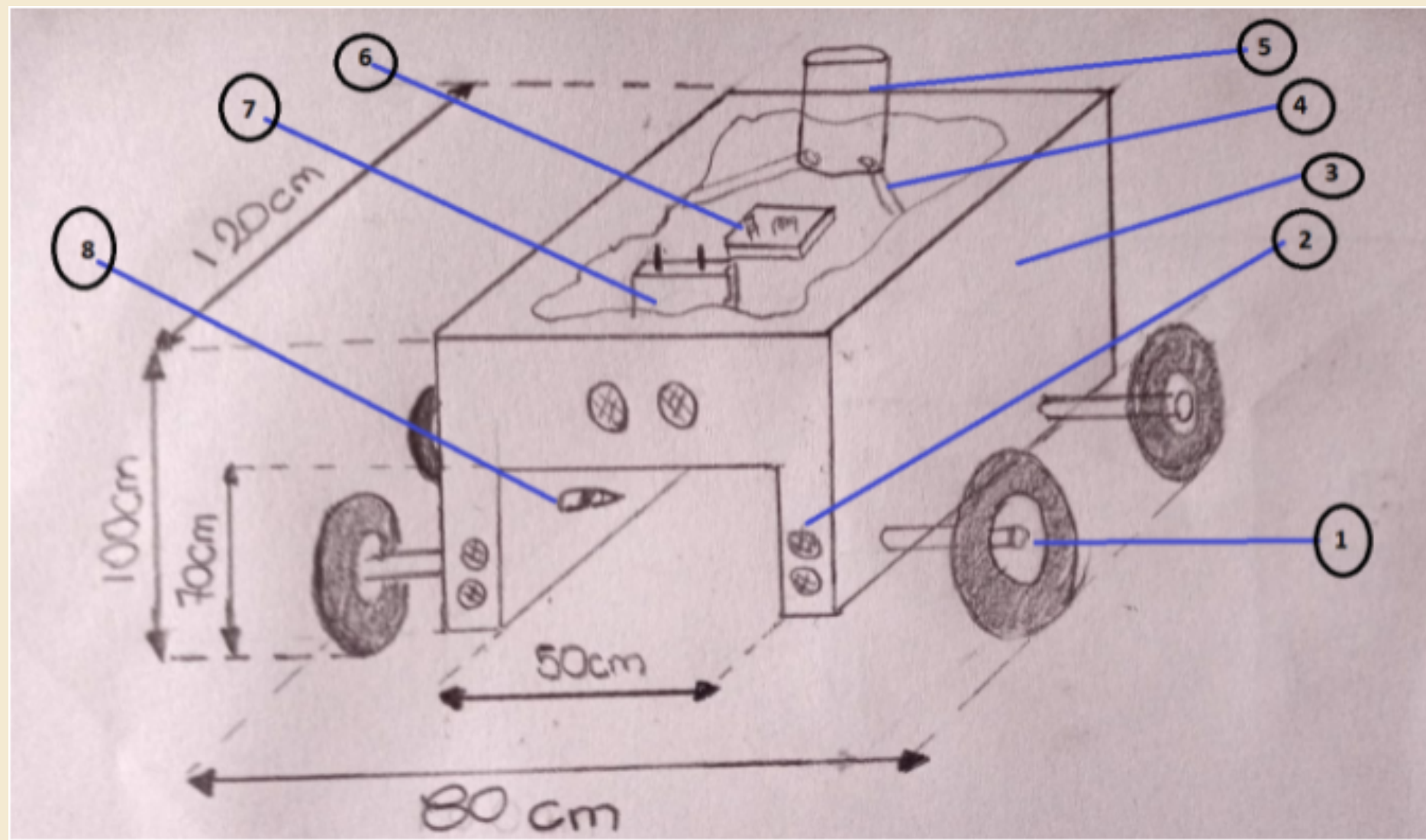
CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Evaluación técnica															
Criterio técnico	(0-4)	Sol 1		Sol 2		Sol 3		Sol 4		Sol 5		Sol 6		Sol Ideal	
	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
Precisión en la aplicación del pesticida	4	3	12	3	12	3	12	2	8	3	12	2	8	4	16
Autonomía	4	3	12	3	12	3	12	3	12	2	8	1	4	4	16
Robustez	3	2	6	2	6	2	6	1	3	1	3	3	9	4	12
Facilidad de uso (configuración)	3	1	3	2	6	2	6	2	6	3	9	2	6	4	12
Rango de transmisión de datos	3	3	9	3	9	3	9	2	6	3	9	3	9	4	12
Facilidad de mantenimiento	2	2	4	3	6	2	4	3	6	2	4	2	4	4	8
Eficiencia en detección de maleza y cultivo	4	3	12	3	12	3	12	2	8	3	12	2	8	4	16
Sumatoria			46		51		49		41		45		40		76
xi			0,605		0,671		0,644		0,539		0,592		0,526		1

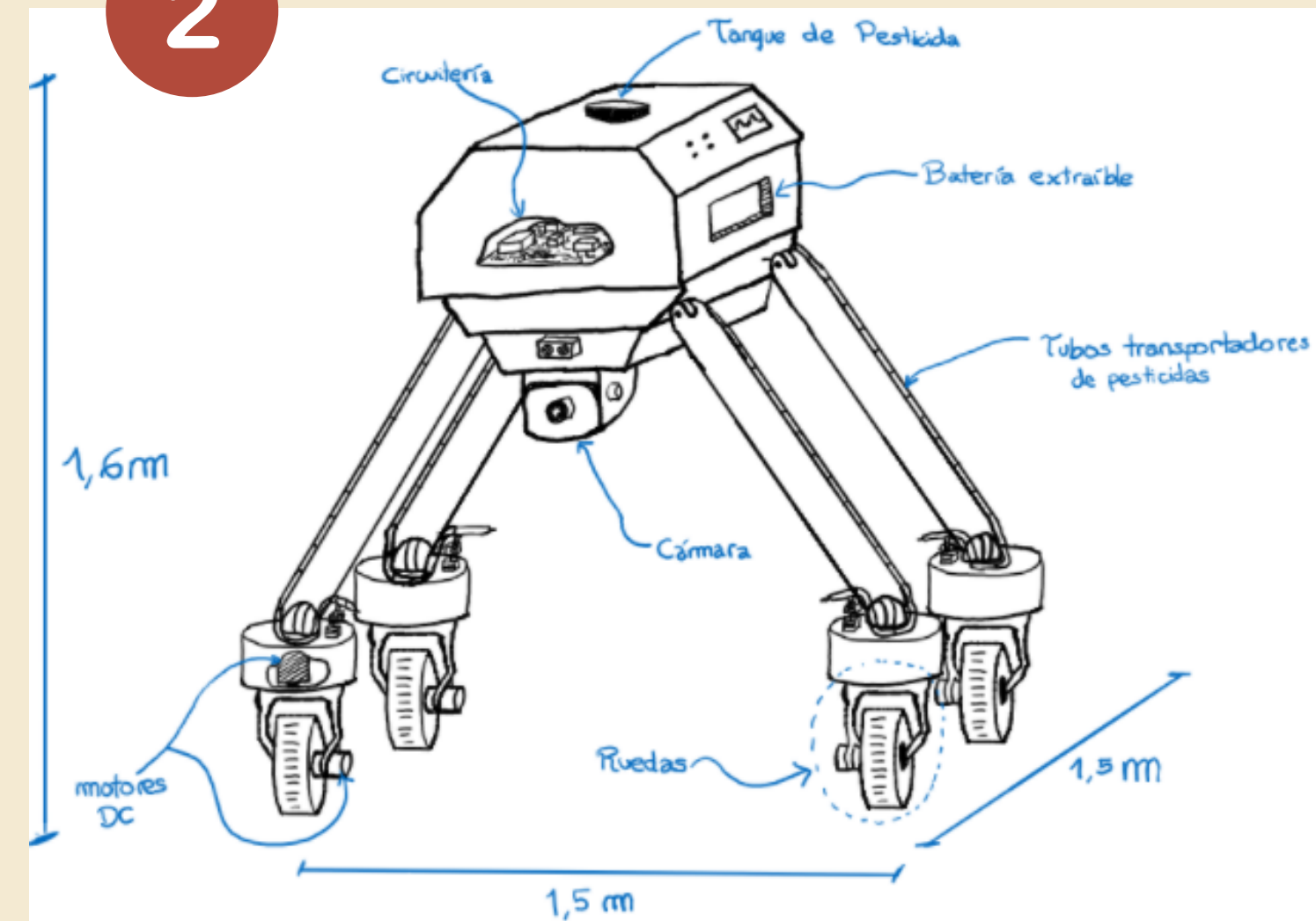
Evaluación económica

Criterio económico	(0-4)	Sol 1		Sol 2		Sol 3		Sol 4		Sol 5		Sol 6		Sol Ideal	
	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
Costo total de componentes y materiales	4	3	12	2	8	2	8	2	8	2	8	3	12	4	16
Costo de fabricación	3	3	9	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	4	12
Costo de desarrollo y diseño (personas)	3	3	9	3	9	3	9	1	3	1	3	2	6	4	12
Costo energético	4	1	4	3	12	3	12	3	12	3	12	1	4	4	16
Costo de mantenimiento	2	2	4	2	4	2	4	2	4	3	6	3	6	4	8
Sumatoria			38		39		39		33		35		34		64
xi			0,594		0,609		0,609		0,516		0,546		0,531		1

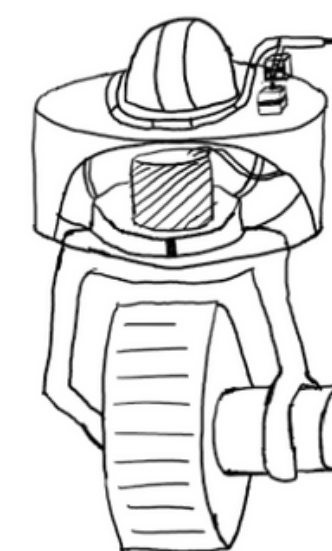
1



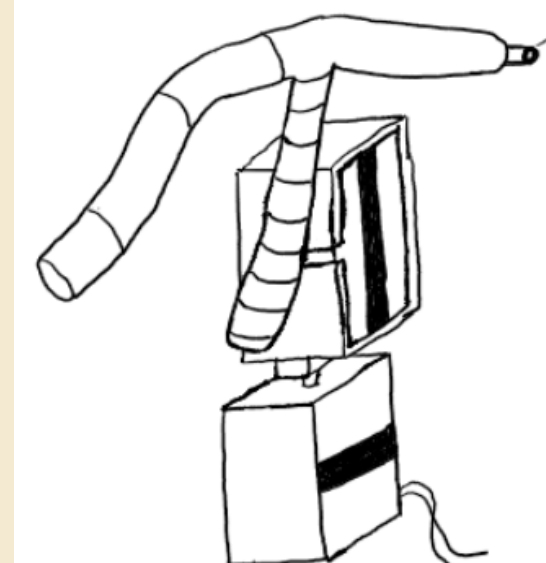
2



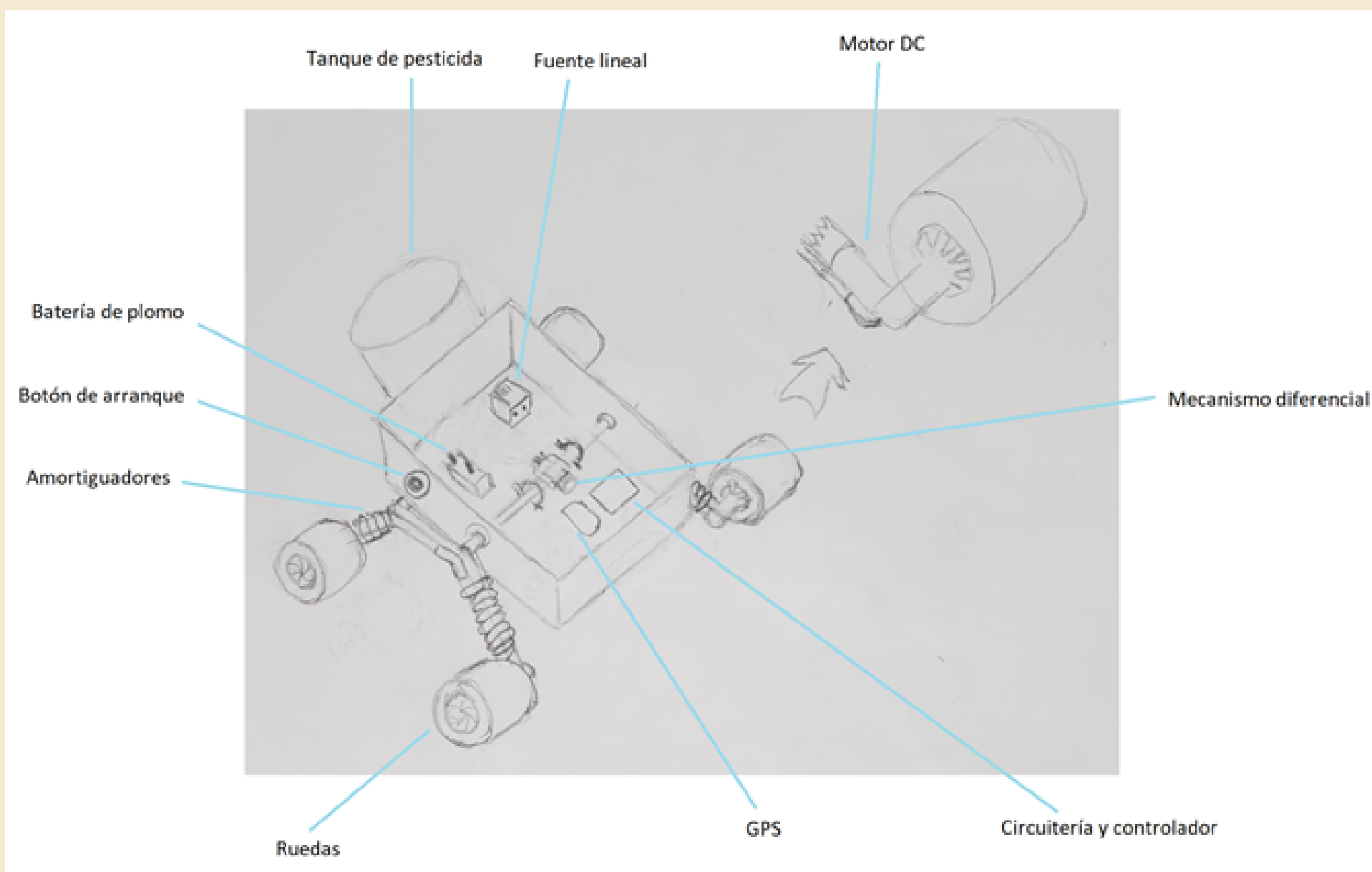
Vista detalle de rueda



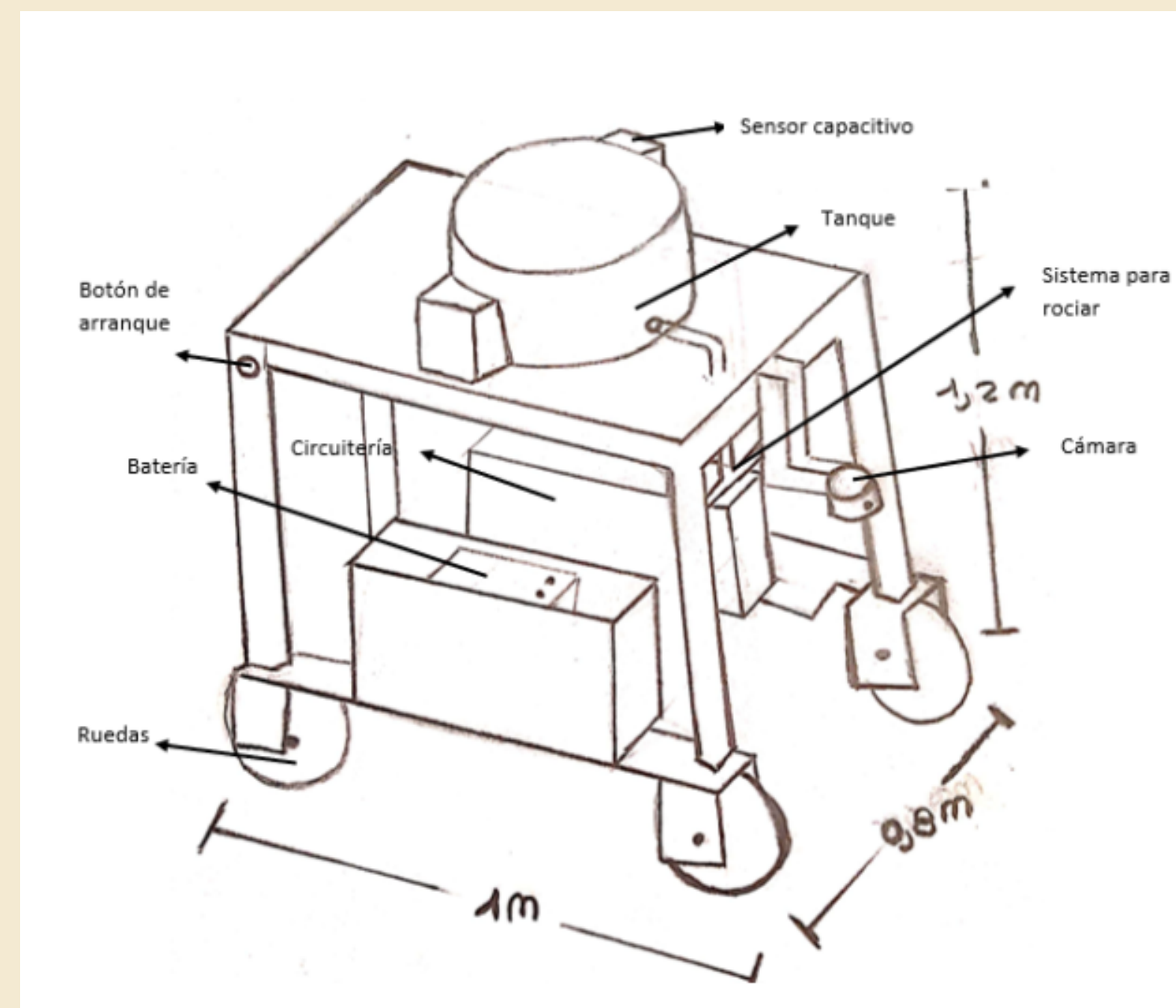
Vista detalle de los rociadores



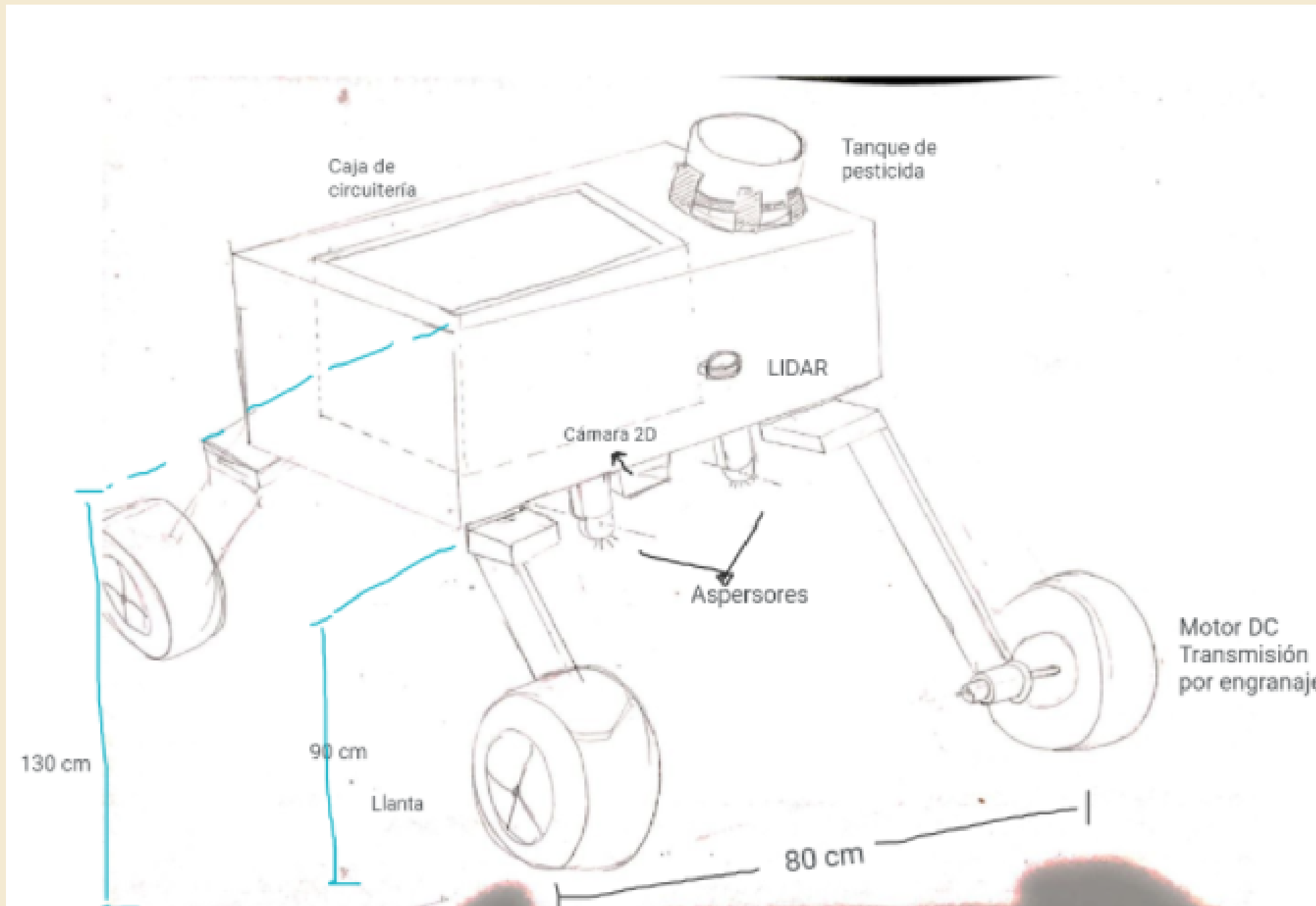
3



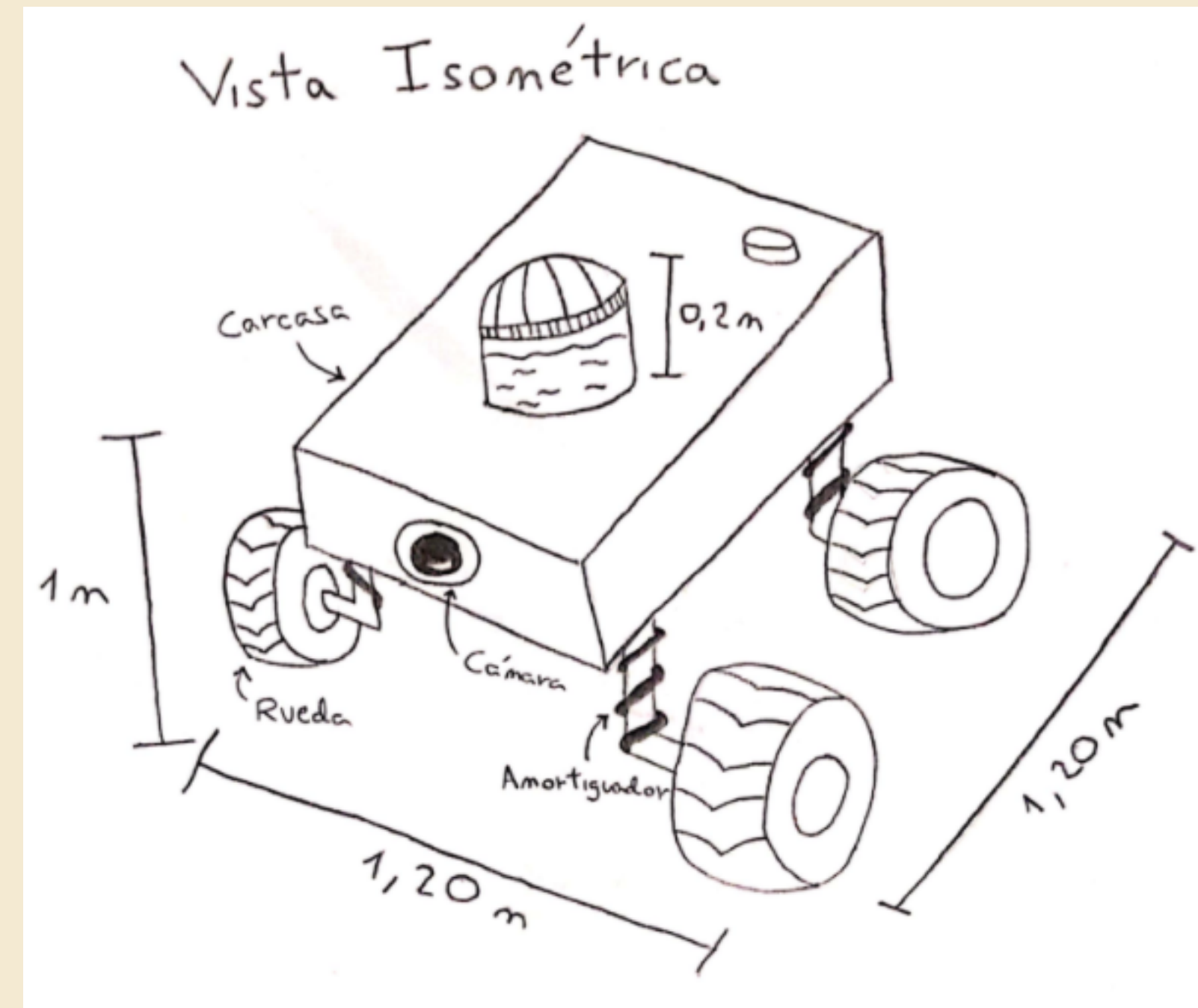
4



5



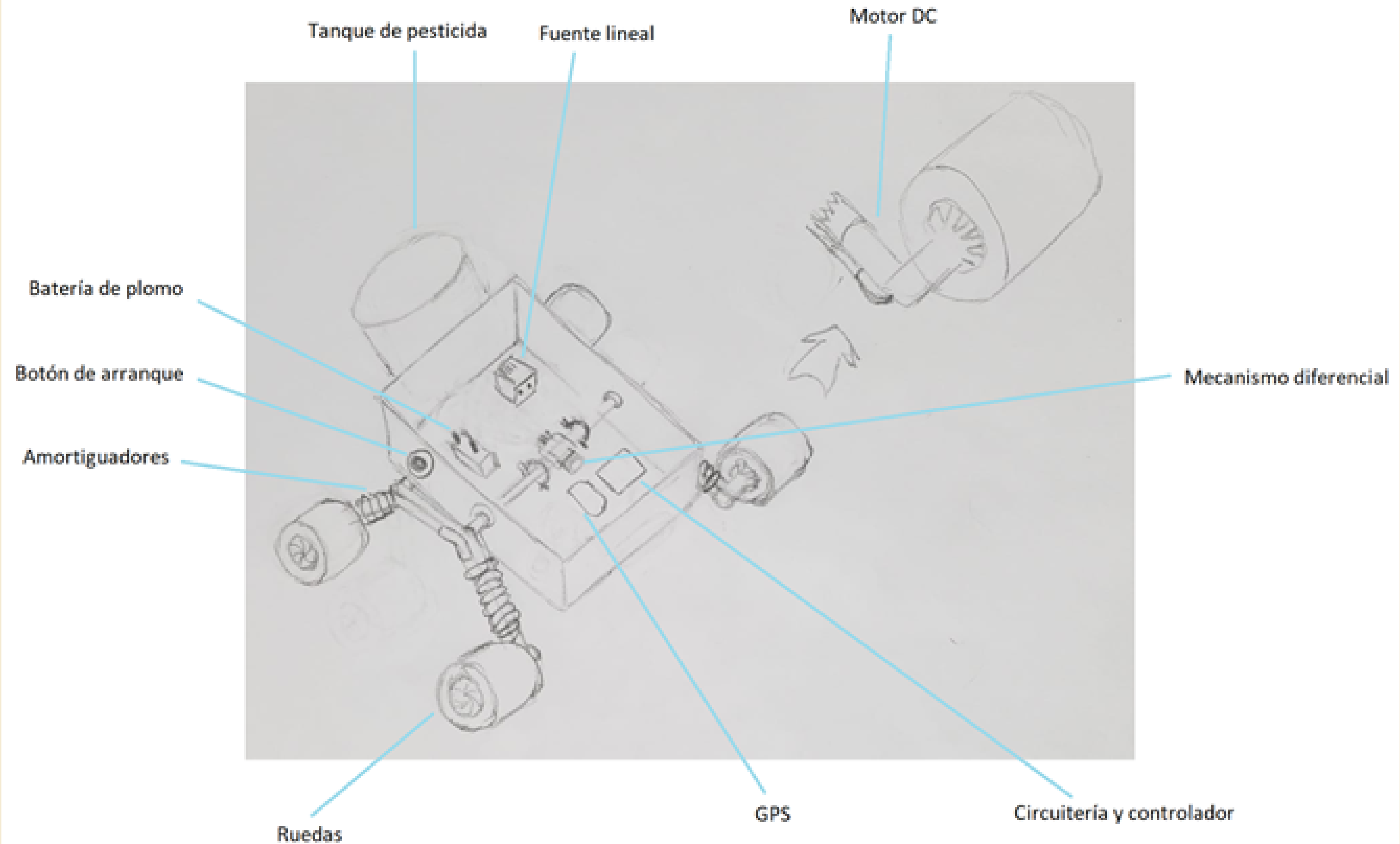
6



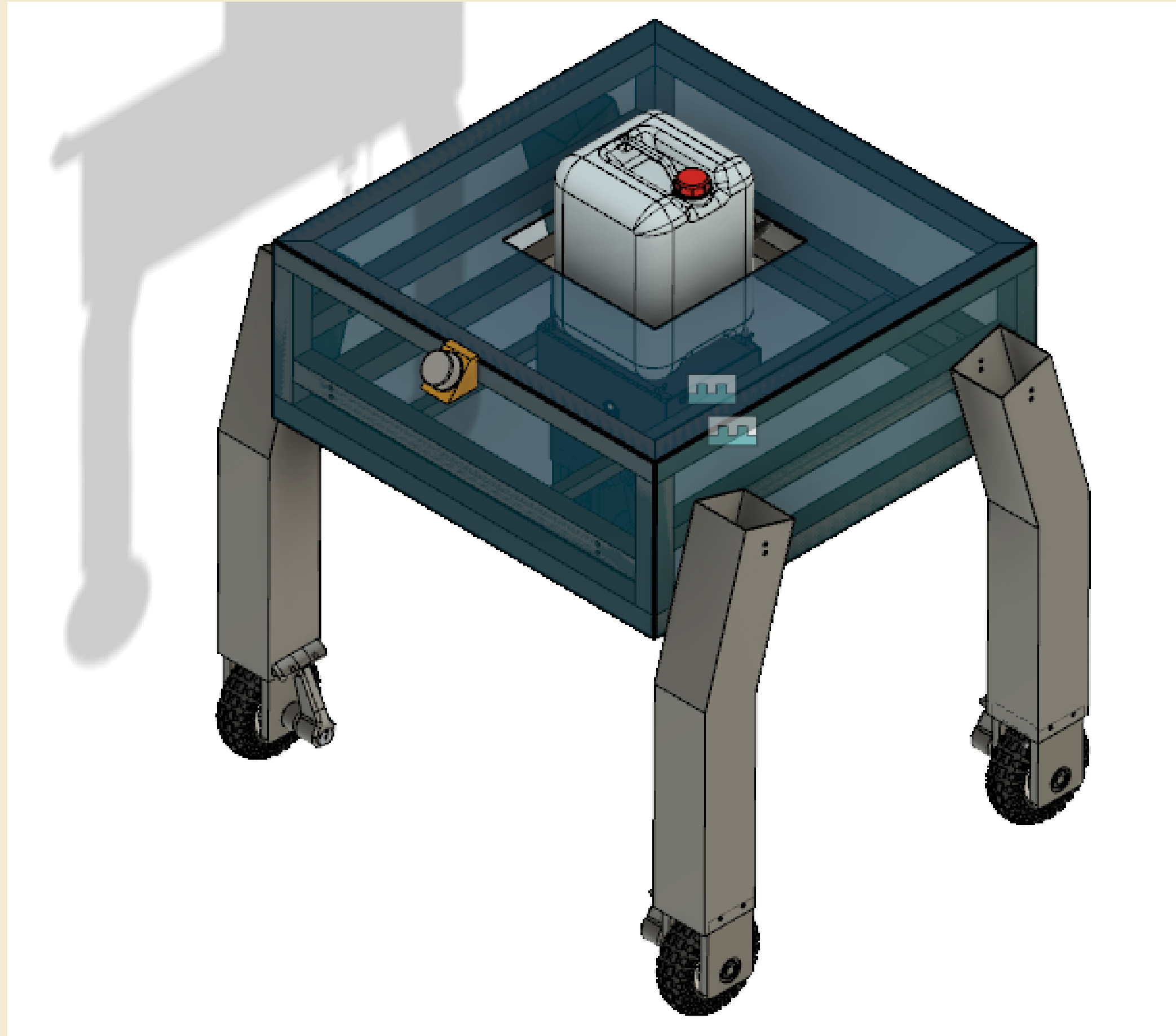


SOLUCIÓN PROPUESTA

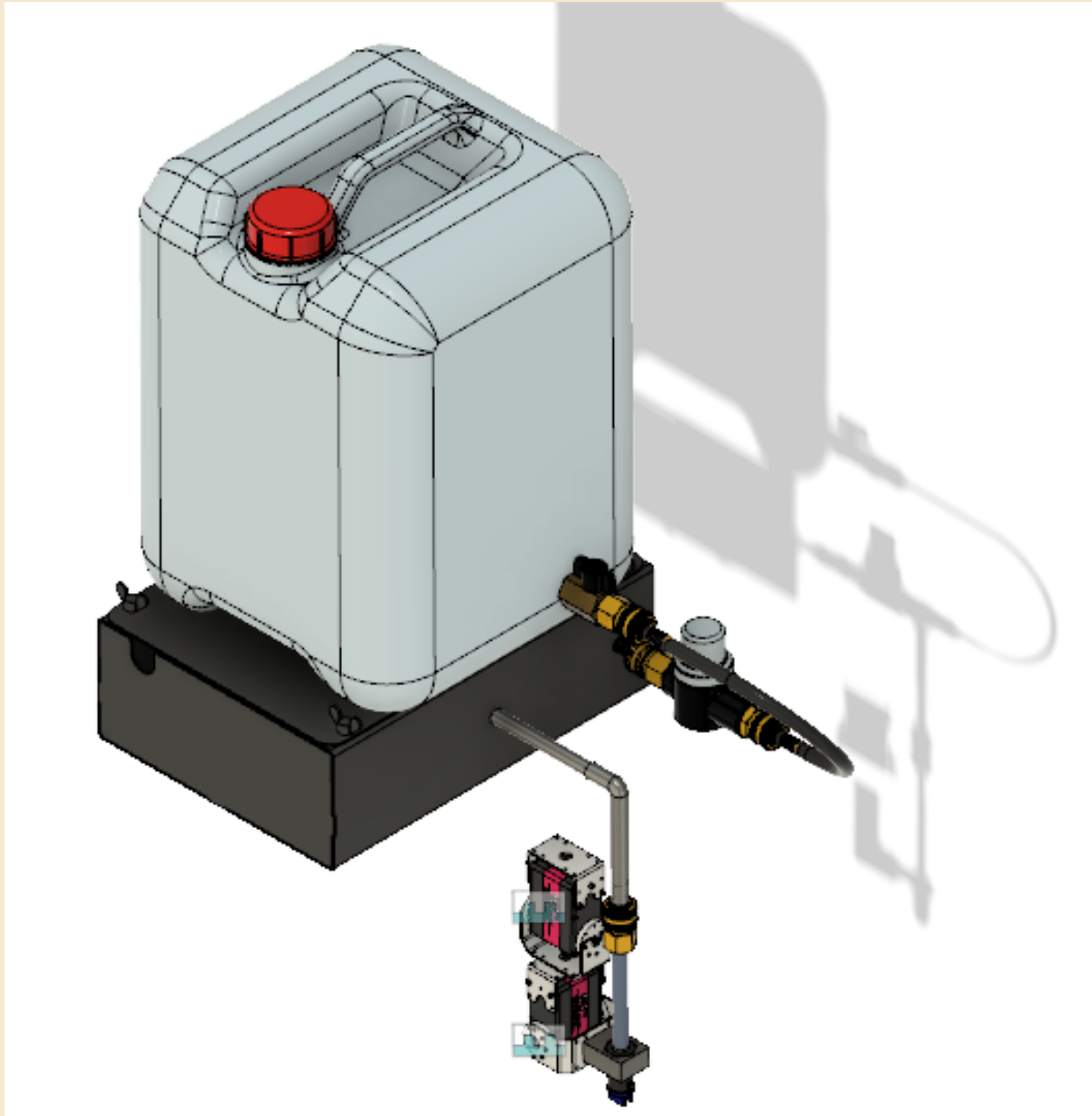
Boceto inicial:



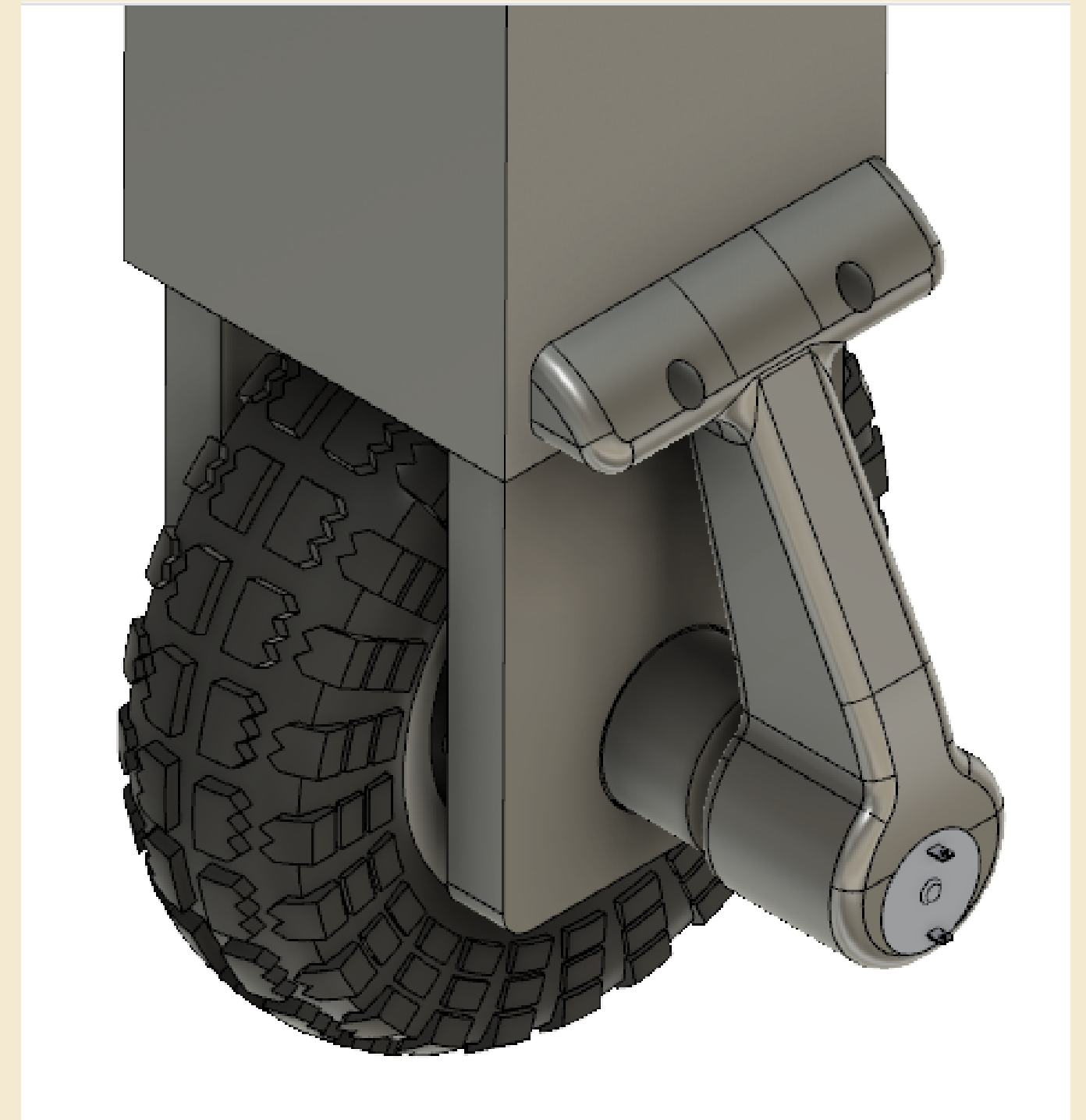
Prototipo



Sistema de rociado



Acople de rueda y motor



Bienvenidos a

AJUDE O FAZENDEIRO



Login with facebook

Correo:

Contraseña:

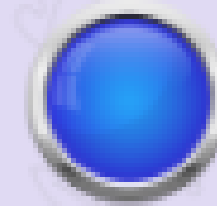
Login



100 %



Establecer posición inicial



Espacio de trabajo

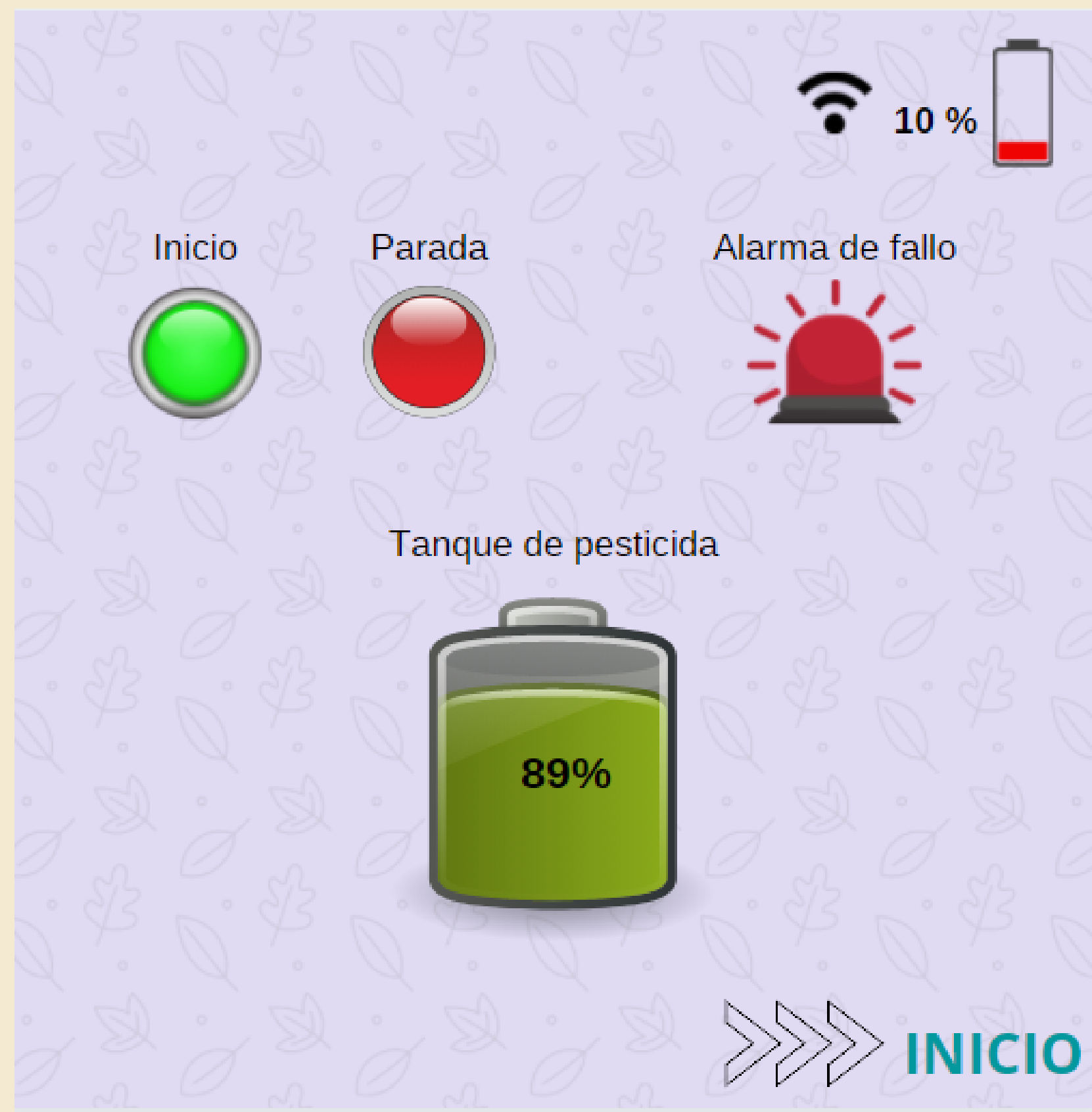
Longitud de parcela:

Ancho de parcela:

Distancia entre surcos:



INICIO



Referencias

- [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/>

Referencias

[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&tlng=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>