

Proyecto

Perro Robot Interactivo Infantil: RULA

Autores

Mario Domínguez Pereira

José Ramón García Peral

Sonia Hernández Ballester

Julio Moreno Espinar

Ana Retamero Barba

Ángela Ríder Jiménez

Pedro Rodríguez Mateo

María Teresa Sánchez Velasco

Joaquín Vera Torres



03/04/2025



Índice

1. <u>Introducción/Propósito</u>	pág 2
1.1 Descripción del problema.	
1.2 Estado del arte.	
1.3 Solución del problema.	
2. <u>Alcance</u>	pág 5
2.1 Objetivos.	
2.2 Requisitos.	
2.3 Descripción de subsistemas.	
2.4 Work Breakdown Structure (WBS)	
3. <u>Periodo y planificación</u>	pág 9
3.1 Periodo de trabajo.	
3.2 Calendario de entregables.	
3.3 Diagrama de Gantt.	
3.4 Análisis de riesgos.	
4. <u>Criterios de aceptación</u>	pág 14
4.1 Criterios de aceptación.	
4.2 Matriz de verificación.	
4.3 Plan de pruebas.	
5. <u>Material y presupuesto</u>	pág 19
5.1 Material necesario.	
5.2 Presupuesto	
6. <u>Referencias</u>	pág 24



1. Introducción y propósitos.

1.1 Descripción del problema.

Actualmente, el acceso de los niños a la robótica es limitado por el elevado coste de los dispositivos y por la orientación de los mismos a ámbitos industriales o profesionales. El informe Plan de Acción de Educación Digital 2021-2027 de la Comisión Europea [1] destaca la necesidad de facilitar el acceso a tecnologías digitales desde edades tempranas y fomentar la tecnologías en entornos educativos informales como el hogar. **Muy bien esta referencia**

En el mercado actual, los juguetes robot de estas características son o bien juguetes asequibles con un nivel de inteligencia bajo, o bien robots más inteligentes pero de un precio mucho más elevado. **Aquí vendrían bien unas referencias que apoyaran esto**

Se detecta por tanto, una carencia de juguetes robóticos asequibles, inteligentes, ligeros y con funcionalidades atractivas para el entorno doméstico infantil.

Buena conclusión, tal vez debería estar más apoyada por referencias en el segundo párrafo

1.2 Estado del arte.

Si nos basamos en algunos de los prototipos desarrollados e investigaciones más importantes, el análisis del mercado actual se puede dividir en tres categorías principales:

- **Perros robot industriales:** productos como [Spot-The Agile Mobile Robot](#) (Boston Dynamics) con un coste superior a 60.000€. Spot tiene una longitud de 110 cm y un peso de 32,5 kg. La locomoción de estos autómatas les permite desplazarse con pasos naturales sin necesidad de ruedas. Sin embargo, a pesar de sus capacidades, este robot está orientado a aplicaciones industriales y de seguridad, sin enfoque educativo ni accesibilidad para un público infantil. **Está bien poner enlaces en el PDF, pero queda mejor si añadís también la referencia (esto vale para todos los enlaces)**
- **Perros robot domésticos:** [Aibo \(Sony\)](#) con un precio de 3.000€, un peso de 2,2 kg y 30 cm de alto. Este autómata cuenta con una batería que le proporciona una autonomía de 2 horas, además de tener sensores que le permiten interactuar con el entorno. Es un producto diseñado como mascota de compañía emocional, pero sin capacidades educativas ni infantiles, y sin opciones de programación avanzadas.
- **Juguetes de perros robot:** como Zoomer o FurReal, cuyo coste ronda los 100€. Su estructura plástica y ligera favorecen a que el peso no supere los 1,5 kg. Cuentan con movilidad de ruedas y responden ante estímulos audiovisuales y táctiles, pero su interacción es completamente programada y carece de comunicación con otro dispositivo. **Faltan referencias a los juguetes mencionados**
→ "otros dispositivos", en plural?

Se barajan también otras alternativas a un robot cuadrúpedo, explorando modelos de mayor número de patas, que pudieran aportar estabilización adicional o mejoras en la locomoción para nuevos movimientos o mejor adaptación a los distintos terrenos. Algunos ejemplos



En 1.1., están muy bien el inicio y la conclusión, para que estuviera perfecto habría que hilarlo todo un poco más, para que no haya que dar mucho salto de fe entre un párrafo y otro. También, aunque tengáis una referencia actual de la Comisión Europea (que es muy bueno), quedará mejor si os apoyáis en alguna(s) otra(s) referencias adicionales, si las encontráis

incluyen robots hexápodos (mayormente utilizados en robótica para aplicaciones biomédicas) o robots que imitan el desplazamiento de insectos, como los robot arácnidos (utilizados en exploración y rescate). Sin embargo, tras evaluar estas opciones, se determinó que un diseño cuadrúpedo es más fiel a la temática de un perro robótico.

Se me hace bastante raro el uso de robots hexápodos en biomedicina, esa frase deberíais apoyarla con una referencia. O tal vez estáis hablando de robots bio-inspirados?

Identificamos entonces lo que se conoce como “hueco”, que asienta la base de nuestro proyecto y direcciona nuestro objetivo: un perro robot económico y ligero, capaz de interactuar con el entorno, identificar objetos, realizar trucos y pensado para un ámbito lúdico infantil o incluso para personas que simplemente quieran compañía y entretenimiento.

Normalmente no decimos explícitamente "hueco en el estado del arte", sino algo en plan "sería deseable que existiera X cosa".

Se han consultado artículos técnicos recientes sobre visión artificial aplicada a juguetes robóticos y patentes de locomoción ligera [2], [3], [4].

Estas referencias las añadís "porque toca", pero sin explicar nada. No va de eso: debéis explicar lo que habéis encontrado en la documentación que habéis consultado.

1.3 Solución propuesta.

De acuerdo a los apartados anteriores, se propone diseñar un robot móvil que simula el comportamiento de un perro, al que hemos denominado ‘Rula’. El producto será económico, con movilidad autónoma, capaz de ejecutar diferentes trucos básicos (sentarse, dar la pata, girar sobre sí mismo, ...), reconocer y devolver una pelota, y adaptarse al entorno doméstico subiendo escalones. El juguete estará también diseñado para conectarse de forma inalámbrica a otro dispositivo con el fin de poder teledirigirlo y controlarlo manualmente.

Buena descripción. Insisto en que debéis plantearos si la programabilidad es algo que queréis o no, porque la habéis mencionado en el estado del arte.

El prototipo tendrá una dimensiones de aproximadamente 35x15x35cm y un peso máximo de 2 kg. La mayoría de los componentes que lo componen quedan escondidos y bien dispuestos en el chasis del cuerpo que cuenta con una estructura diseñada que los protegerá del entorno, facilitando así la manipulación de los usuarios con el robot, exceptuando aquellos componentes que sean necesarios mantener en el exterior para su funcionamiento (cámara, ruedas, servos y sensores). De tal forma, que se alcance un diseño robusto, seguro y apto para niños.

Se adjuntan bocetos del chasis del cuerpo y las patas:

"diseños preliminares"
queda más profesional ;)

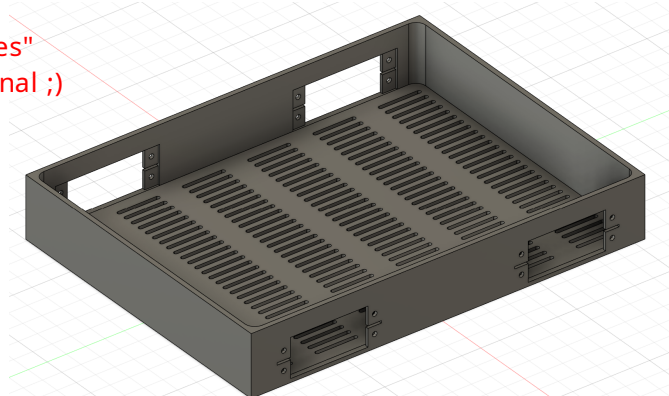


Figura 1: diseño del cuerpo.

mayúscula



En 1.2., comentáis que uno de los puntos débiles de algunos productos que existen en el mercado es que carecen de opciones de programación avanzadas, pero cuando identificáis el hueco en el estado del arte y describís lo que debería tener, no mencionáis esta programabilidad.

El estado del arte (1.2) es bastante escueto, y parece que habéis unido distintas cosas para cumplir con la rúbrica, pero no es realmente consistente. Por ejemplo las categorías que habéis identificado sólo contienen productos comerciales, y el resto de documentación que habéis mirado parece que la habéis buscado a posteriori, tras definir las categorías, y que no se han considerado realmente para hacer el estado del arte.

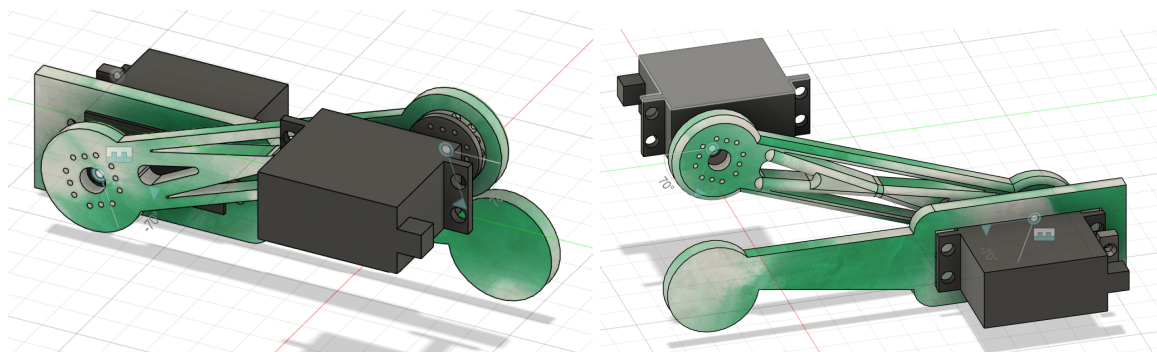


Figura 2.1 y 2.2: Diseño de las patas.

Estos diseños son interesantes, pero no son apropiados realmente en esta sección. Aquí lo que tendría sentido sería un arte conceptual del diseño completo, en este caso del perro robot.

Da la sensación de que habéis puesto cualquier dibujo para ver si cuela :(

Por cierto, el perro que aparece en los pies de página, junto al número de página, lo habéis hecho vosotros? porque eso en grande (con una buena calidad) y añadiendo alguna cosa podría ser un buen arte conceptual



Autonomía en este contexto no queda claro, ya que podría referirse a la autonomía de las baterías. Entonces, considerad cambiar "la autonomía" por "el funcionamiento autónomo"

2. Alcance.

2.1 Objetivos.

- OBJ.1** El prototipo tiene como primer objetivo la autonomía, aunque a su vez, podamos controlarlo de forma manual, es decir, se ha considerado la capacidad de detectar y responder ante estímulos físicos y visuales, pero también deberá poder recibir órdenes desde un dispositivo móvil para su control en caso de seguimiento de trayectorias complejas o tareas específicas.
- OBJ.2** Se propone como segundo objetivo añadir la capacidad de subir un escalón. Para ello se ha elegido articular las patas para que el prototipo cuente con hombros y codos, con el objetivo de añadir flexibilidad y fluidez al movimiento. Se diseñará un chasis ligero y resistente utilizando modelado 3D, buscando una estructura articulada que permita al robot moverse de forma fluida y subir los escalones de entre 15 y 25 cm.
- OBJ.3.** Como tercer objetivo, el sistema deberá ser capaz de reconocer por visión una pelota roja, la cual tendrá que recoger y devolver. El sistema de visión también será el encargado de detectar si el obstáculo encontrado se trata de un muro, en cuyo caso tendrá que esquivar, o se trata de un escalón que tendrá que subir.
- OBJ.4** Finalmente, se pretende desarrollar una serie de comandos básicos que el robot pueda ejecutar, como dar la pata, sentarse o girar sobre sí mismo.

os dejo unos anotaciones sobre los objetivos en la siguiente página

2.2 Requisitos.

Los requisitos han sido ordenados por categorías. A continuación del título de cada requisito se especifica su nivel de importancia, en concreto el formato elegido es 'O', obligatorio, 'R', recomendables y 'D', deseable. Bien por explicar esto

- Funcionales:
 - F.1: Capacidad de moverse por el entorno mediante ruedas (O).
 - F.2: Capacidad de detectar una pelota (O).
 - F.3: Capacidad de coger la pelota con un imán (O).
 - F.4: Capacidad de detectar una persona (R).
 - F.5: Capacidad de subir un escalón (O).
 - F.6: Capacidad de interactuar con un usuario (O). este es de operación
- De Prestaciones:
 - P1.1: La velocidad mínima que debe alcanzar es de 1 km/h (O).
 - P1.2: Deberá detectar obstáculos en su camino (O).este es funcional
 - P1.3: Deberá evitar obstáculos (O). este es funcional también
 - P1.4: Capacidad de dirigirse de forma autónoma al objeto detectado (O).
este también parece ser un requisito funcional



Al respecto de los objetivos, los tenéis un poco mezclados con detalles de la implementación.

Ya que tenéis los detalles, no os pido que los borréis, pero podéis reordenar un poco el texto para que no quede mezclado, por ejemplo:

* OBJ.1: Desarrollo de un perro robot con funcionamiento autónomo
- Y aquí hacéis las explicaciones que veáis pertinentes: se ha considerado...

También a la hora de explicar esas consideraciones está bien que indiquéis que es una posible manera de solucionarlo, de manera que no os comprometáis a hacer esa implementación específica

ver
siguiente
página

- P.2.1: La precisión mínima en la identificación de la pelota será de un 90% (O).
- P.5.1: La altura mínima del escalón es de 15 cm de altura (O).
- P.5.2: La altura posible del escalón debería estar entre 15 y 25 cm, alturas normales en un ambiente doméstico (R).
- P.6.1: La conexión con el usuario se realizará mediante bluetooth (R). **req. de operación**
- P.6.2.1: Capacidad de ser teledirigido por el usuario (O). **req. de operación**
- P.6.2.2: Capacidad de mostrar en tiempo real la información que recolecta el robot del entorno (en concreto, imagen visual de la cámara) (O). **req. funcional**
- P.6.3: Interfaz gráfica para la aplicación.(O) **req. funcional o de operación**
- De Diseño:
 - D.1: El sistema no puede superar los 3 kg de peso para facilitar el manejo (O).
 - D.2: El sistema debe tener unas dimensiones menores de 35 x 15 x 35 cm (O).
- De Operación:
 - O.1: El sistema debe poder encenderse y apagarse mediante un botón o interruptor (R).
- Eléctricos:
 - E.1: El sistema deberá tener una autonomía de al menos 2 horas antes de volver a cargarlo (O).
- De Seguridad (necesarias para el manejo por parte de niños):
 - S.1: La superficie externa no debe tener ningún borde punzante o cortante (O).
 - S.2: La electrónica deberá ser inaccesible en la medida de lo posible (R).
 - S.3: La superficie externa no puede ser de un material tóxico (O).

bien por tener requisitos de seguridad

Algunas **restricciones** que debemos considerar a la hora de implementar el proyecto son:

- Restricciones generales:
 - C.1: El presupuesto máximo del proyecto será de 90€.
 - C.2: La entrega final del proyecto será el 20 de mayo de 2025.
 - C.3: Utilización en la medida de lo posible de componentes ya disponibles.
 - C.4: restricciones del entorno:
 - C.4.1: Temperaturas no extremas, entre [0 ,70] °C
 - C.4.2: Superficies no extremadamente irregulares.
 - C.4.3: Entornos no acuáticos.

buenos requisitos, bien por tener req. de seguridad y restricciones

2.3 Descripción de subsistemas.

El proyecto se compondrá de cuatro subsistemas diferenciados y que interactúan entre sí.



P.5.1 y P.5.2 deberían referirse al diseño/prototipo/robot: "el robot debe ser capaz de subir un escalón de 15 cm de altura"

Entiendo que el robot no imprime partes, no? El texto sugiere que sí

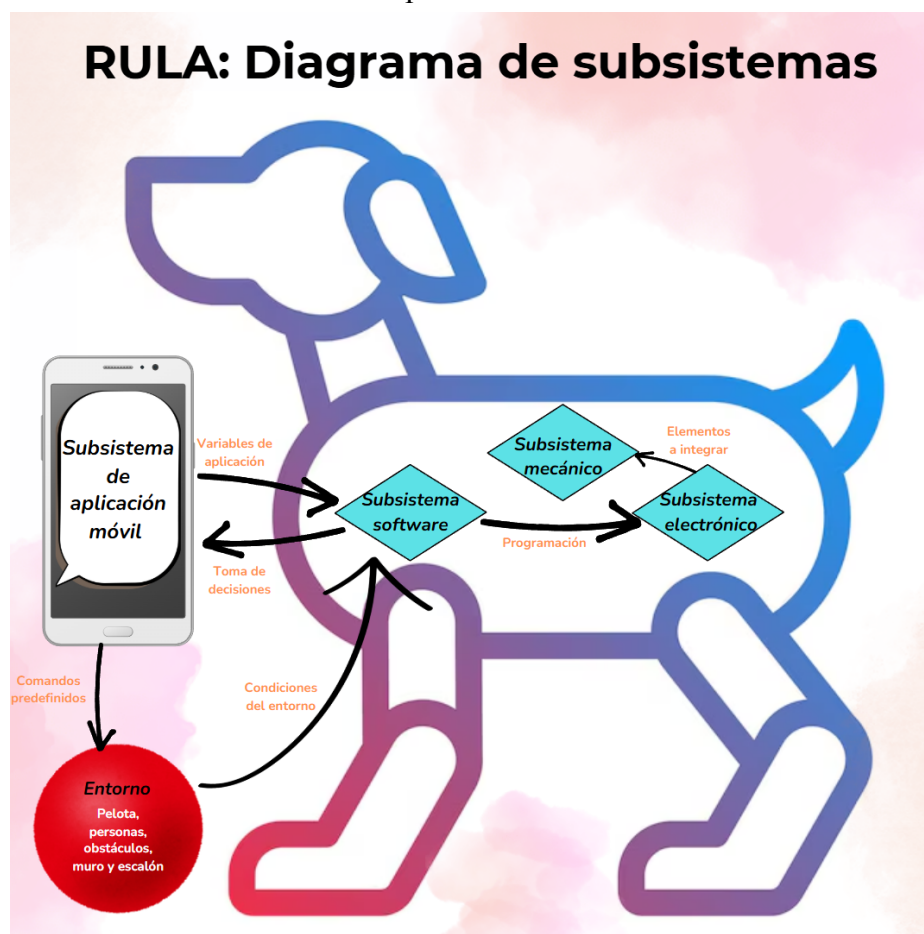
El **subsistema mecánico** diseñará e imprimirá en 3d los diversos componentes estructurales aprovechando técnicas de fabricación aditiva, incluyendo articulaciones móviles y zonas donde se fijarán los actuadores y sensores utilizados, buscando la robustez y la ligereza necesaria para su cometido.

El **subsistema electrónico** integrará una unidad de procesamiento central, los actuadores y los sensores. Además, incluirá otros controladores si fueran necesarios, el sistema de alimentación para su autonomía, y módulos para la comunicación con el usuario.

falta coma

El **subsistema de software** desarrollará todos los códigos que se implementen, tanto el control a bajo nivel: de interacción con los actuadores y sensores; como a alto nivel: la toma de decisiones y el procesamiento de alto nivel de los datos recibidos de los sensores (percepción de una pelota y de personas, detección de obstáculos y diferenciación entre muro y escalón).

El **subsistema de aplicación móvil** desarrollará la comunicación del robot con un dispositivo móvil así como la creación de una interfaz gráfica. De tal forma, que el usuario sea capaz de interactuar de forma sencilla con el robot para su control remoto.



Está muy bien. Tal vez los interfaces entre subsistemas se podrían detallar algo más?, pero la verdad es que está muy completo

2.4 Work Breakdown Structure (WBS)

Work Breakdown Structure



El texto del WBS es demasiado pequeño y resulta poco legible.

Debéis poner el diagrama de lado, de forma que ocupe toda la hoja.

Si además ponéis que la página apaisada salga girada en el PDF ya sería la bomba, pero esto depende un poco del editor de texto que estéis utilizando.

3. Periodo y planificación

Se indican las fechas más importantes de entregas a considerar en nuestro proyecto, la administración del tiempo y la planificación de las distintas tareas en las que se ha dividido el proyecto.

Se incluye también un pequeño análisis de aspectos a considerar para evitar o solventar los distintos problemas que puedan surgir a lo largo del desarrollo del robot.

3.1 Periodo de trabajo

Nuestro proyecto tiene una duración aproximada de 16 semanas.

Comenzó el día 4 de febrero, donde se decidió el grupo de trabajo y se comenzó a desarrollar la idea de la creación de un perro robot y sus funcionalidades.

Finalizará el día 20 de mayo, fecha de entrega y presentación del proyecto. Sin embargo, la documentación puede modificarse después de la presentación final hasta el 4 de junio.

3.2 Calendario de entregables

faltaría el informe semanal y la versión revisada del SoW que os pedirá José Ángel



Bien presentado. Por mijitear un poco: el negro+azul oscuro es difícil de leer

3.3 Diagrama de Gantt

RULA

Diagrama de Gantt

PROCESS	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Planteamiento de la idea a seguir del proyecto																				
Búsqueda de los recursos necesarios			*				**		**											
Movimiento de las patas																				
Percepción y recolección de la pelota roja																				
Principal (base, componentes, alimentación)																				
Aplicación móvil																				
Redacción de la documentación SOW																				
Integración Raspberry Pi																				
Dimensionamiento de ruedas y prueba de motores																				

Todo el equipo

*Recolección de los recursos necesarios que nos han prestado o ya teníamos
**Pedido de recursos necesarios que nos faltan

José Ramón Julio

Diseño 3D y simulación de las patas y su movimiento, programación del control básico de servos y locomoción.

Mario Ángela María Teresa

Pruebas y programación con OpenCV y HSV para detección de pelota (detección mediante forma y color)

Sonia Pedro Joaquín

Diseño 3D preliminar del chasis, Búsqueda y elección de alimentación, análisis de la conexión y recolección de los distintos componentes

Ana

Creación y diseño de la aplicación, definición de las distintas variables de salida y comunicación por Bluetooth con el robot

Sonia Pedro María Teresa Joaquín

Redacción de las distintas partes del documento SOW, diseño del documento y organización del mismo.

Mario Ana Sonia Ángela

Programación del código principal en la Raspberry, integración del código de percepción de la pelota y de la aplicación móvil.

María Teresa Joaquín Pedro

Verificación y pruebas de los motores conectados a las ruedas y programación de los controladores de motor.

este diagrama está incompleto, no? No se hace nada hasta el 20 de mayo que es la demostración?

Tampoco se ve que haya tiempo dedicado para integrar los distintos subsistemas, ni para las pruebas, lo que es un riesgo

Me gusta que conste la división de tareas

3.4 Análisis de riesgos

A continuación indicaremos los factores de riesgos más importantes previstos con antelación, y que se tendrán que tener presentes durante el avance del proyecto.

- **Factor de tiempo:** el tiempo presenta un factor crítico en la ejecución del proyecto debido tanto a la fecha límite y corto periodo de trabajo, como a la necesidad de compatibilizarlo con otras responsabilidades académicas. Por tanto, se requerirá una planificación eficiente para optimizar el trabajo en equipo, ya sea en subgrupos o de manera individual. Asimismo, se deberá considerar el tiempo de entrega de pedidos de materiales necesarios para el desarrollo del proyecto, ya que los posibles retrasos podrían afectar el cronograma establecido.



- **Desarrollo de competencias:** El rendimiento del equipo se podría ver influenciado por la variabilidad de conocimientos de los integrantes, lo que podría dificultar la distribución equitativa de tareas. La diversidad de formación académica que ha recibido cada miembro implica que ninguno cuente con dominio absoluto en todas las áreas que tiene el proyecto. Sin embargo, se ha planteado un enfoque basado en investigación y aprendizaje continuo para alcanzar los objetivos establecidos.
- **Fallo en componentes y errores técnicos:** Al disponer de recursos que han sido prestados al equipo, podría llegar a darse la posibilidad de que algunos componentes presenten desgastes o fallos en su funcionamiento. Existen también riesgos asociados a la posible sobrecarga de los componentes debido a la alimentación inadecuada, la fragilidad de algunas piezas del chasis por impresión en 3D, y la pérdida de pequeños elementos esenciales durante el montaje. Además errores en cálculos y dimensiones pueden afectar al rendimiento y funcionalidad del robot.
- **Presupuesto limitado:** El desarrollo del proyecto está limitado por un presupuesto total de 90€, lo que restringe la posibilidad de adquirir ciertos componentes esenciales. Algunos elementos como la Raspberry Pi, cuyo coste es de 50€ aproximadamente, fueron prestados por integrantes del equipo, ya que su compra habría limitado aún más la compra de otros materiales. Es de considerar que componentes de mayor potencia y capacidad contribuirían en un prototipo más robusto y eficiente, pero su precio excedería los límites establecidos. sobra la coma
- **Coordinación de equipo:** la difícil compatibilidad de tiempo disponible entre los miembros del equipo provoca la necesidad de dividir el trabajo en distintas áreas. Ello permite una mejor eficiencia en la resolución de tareas y optimización del tiempo, además de que al ser grupos específicos, facilita la resolución de problemas. No obstante, esta división requiere una comunicación activa entre los subgrupos para que todos las áreas queden actualizadas.
- **Variación del alcance:** es posible que a lo largo de la elaboración del proyecto surjan modificaciones inevitables fuera del control del equipo. A pesar de tener las tareas planificadas y las responsabilidades asignadas, pueden presentarse cambios que afecten a la dirección del proyecto y requieran adaptaciones.

Y en relación a esto se detallan algunos ejemplos:

Se planteó inicialmente que el prototipo fuese capaz de subir un escalón de 25 cm aproximadamente, similar a las dimensiones del escalón del aula, sin embargo, los servomotores disponibles no alcanzan el torque y la potencia requerida.

Se experimentaron también dificultades considerables en la instalación del sistema operativo de la Raspberry Pi debido a fallos físicos que presentaban las tarjetas SD.

Estas situaciones, en mayor o menor medida, retrasan el avance del proyecto ya que no se tienen en cuenta en la planificación inicial, y aunque son difíciles de predecir, se ha intentado diseñar un plan de contingencia para gestionar dichos imprevistos.

Se presenta la tabla resumen que agrupa todos los riesgos identificados, detallando la probabilidad de que ocurran, la severidad, criticidad y los respectivos planes de contingencia organizados por orden de prioridad.

Riesgos	Probabilidad	Severidad	Criticidad	Plan de contingencia
Aplicación móvil no conectada	Alta	Alta	Máxima	Añadir movimientos o un programa que se ejecute al encender.
Plazo insuficiente para concluir el proyecto	Media	Alta	Alta	Priorizar tareas y realizar tareas prioritarias. Este también lo estáis gestionando teniendo requisitos opcionales
Falta de presupuesto	Media	Alta	Alta	Se intentará solo comprar aquellos componentes que estemos seguros que vamos a usar y utilizar todos los componentes dentro de nuestro alcance.
Caída del robot	Alta	Baja *	Media	A la hora de posicionarlo se hará a mano y se evitarán lugares muy inclinados o altos
Sobrecalentamiento	Media	Media	Media	Desconectar hasta que se enfríe y hacer ^{realizar} un diseño que facilite la ventilación
Rotura de componentes	Media	Media	Media	Dejar margen en el presupuesto para buscar reemplazos
Colisión lateral con obstáculos	Media	Baja	Media	Si se agranda el problema, añadir detección de obstáculos lateral
Control manual inapropiado	Media	Baja	Media	Diseño robusto
Fallo en varias de las ruedas. **	Baja	Alta	Media	Arreglar y/o reiniciar en el momento
Componentes mojados	Baja	Alta	Media	El usuario debería evitar mojarlo. El chasis cerrado protege los componentes
Interferencia electromagnética en la electrónica	Baja	Media	Media	En principio el imán está separado de los componentes críticos.
Fallo de identificación de objetivo	Baja	Media	Media	Mejorar código y hacer experimento
Falta de coordinación y posibles tareas duplicadas	Baja	Alta	media	Mejorar la comunicación entre miembros del equipo. Este plan de contingencia se me queda un poco corto: hemos

visto que existen distintas formas de gestionarse las tareas, y ya estaréis barajando formas de comunicación. Entonces, ya podríais tener una idea de cómo vais a gestionar esto.

Fallo en una rueda	Baja	Baja	Baja	Al tener 4 ruedas motoras el movimiento principal debería seguir funcionando
Fallos en el código de visión	Baja	Baja	Baja	Volver a tirar pelota, revisar o reiniciar el código
Colisión frontal con obstáculo	Baja	Baja	Baja	Hay un programa para detectar y evitar obstáculos . Al moverse a pequeña velocidad, no debería romperse nada
Retraso de pedidos	Baja	Baja	Baja	Si falla el pedido de Aliexpress, <u>se pidieron</u> los componentes críticos por amazon

Falla la concordancia en esta frase: no se sabe si es "if falla Aliexpress then pediremos a Amazon" o si es "por si falla Aliexpress ya hemos pedido a Amazon"

* En "Caída del robot", entiendo que la severidad es baja si no se rompe nada.

Entonces, es posible que queráis tener algunas piezas impresas en 3d de repuesto por si a causa de varias caídas alguna pieza se rompe

** En "Fallo en varias de las ruedas" no se entiende a qué tipo de fallo os estáis refiriendo.
¿Fallo mecánico?

Muy interesante la forma de enfocarlo: factores -> ejemplos -> riesgos

Buen trabajo!

4. Criterios de aceptación

4.1 Criterios de aceptación

En un primer momento, el proyecto se considerará aceptable para presentarlo si todos los requisitos marcados como obligatorios están implantados y se ha verificado su funcionamiento.

Sin embargo, una vez estén estos requerimientos comprobados, se intentará en la medida de lo posible implementar alguna mejora mencionada en los requerimientos recomendables.

4.2 Matriz de verificación

Req.	Nombre simplificado	Verificación				Prueba	Estado
		I	A	D	T		
F. 1	Mobilidad con "v"!		X	X	X	Test 1, test 5	En proceso
P1.1	Velocidad min.	X	X		X	Test 1, test 5	Pendiente
P1.2	Detección obstáculos				X	Test 7	Pendiente
P1.3	Evitación obstáculos				X	Test 7	Pendiente
P1.4	Dirección movimiento autónoma			X	X	Test 5	Pendiente
F. 2 / P..2.1	Detección pelota			X	X	Test 5, test 7	En proceso
F. 3	Agarre pelota			X	X	Test 5	Pendiente
F. 4	Detección persona			X	X	Test 5, test 7	Pendiente
F. 5	Subir escalón		X	X	X	Test 2, test.6	Pendiente
P.5.1/ P. 5.2	Altura escalón				X	Test 2, test 6	Pendiente
F.6/ P.6.1	Interacción con el usuario por bluetooth			X	X	Test 3, test 5	En proceso
P.6.2 .1 /P.6.2.2	Teledirección			X	X	Test 3, test 5	Pendiente
P.6.3	Interfaz app			X	X	Test 3	En proceso
D.1	Peso	X					Pendiente
D.2	Dimensiones	X					Pendiente
O.1	Botón encender			X	X	Test 4	Pendiente

E.1	Autonomía de carga				X	Test 4 , test 5	Pendiente
S.1	Superficie no cortante	X				Inspección superficial	Pendiente
S.2	Recubrimiento electrónica	X				Análisis en prototipo terminado	Pendiente
S.3	Material no tóxico		X			Análisis material externo	Correcto

4.3 Plan de pruebas

El plan de pruebas definido se divide en 2 tipos de pruebas: las pruebas por separado de distintas implementaciones (test 1 a 3) y las pruebas de integración y funcionamiento (test 4 a 7). **muy bien tener separados los unit tests de los integration y system-level tests!** A continuación, se describen todos los test planteados, cada uno en su propia tabla.

Número de test	1
Tipo	Verificación motores, movimiento y velocidad mínima
Lugar	Laboratorio de electrónica de la US
Objeto	Motores cc., chasis.
Procedimiento y duración	Puesta en marcha de los motores y verificar su eficacia, simulando el movimiento del prototipo final. Se mide también la velocidad alcanzada. Duración aprox. 1 hora y media.
Campaña de test	En primer lugar se testean los motores por separado. Después, se unen al chasis y se evalúa su desempeño.
Fecha campaña de test	Semana 1 abril
Completo	Sí
Información adicional	Para simular mejor las condiciones de funcionamiento finales al chasis se le añadirá aprox. 1 kg de peso.

Número de test	2
Tipo	Funcionamiento de las patas
Lugar	Laboratorio de electrónica de la universidad de Sevilla

Objeto	Servos y estructura patas impresa
Procedimiento y duración	Mandar comandos de movimiento a los servos y verificando su movimiento para el movimiento de subir el escalón. Aprox. 5 min cada test.
Campaña de test	Se realizará en varias ocasiones cuando se realicen cambios o mejoras en la programación del movimiento.
Fecha campaña de test	Marzo
Completo	En proceso
Información adicional	Detrás de cada movimiento, hay un análisis del movimiento físico.

Número de test	3
Tipo	Conexión bluetooth y percepción.
Lugar	Sala de estudio de la biblioteca, otros
Objeto	Raspberry, módulo bluetooth, aplicación, cámara
Procedimiento y duración	Primero, se conectará la aplicación del móvil con el robot (la raspberry), comprobando el correcto intercambio de información en ambas direcciones. Por otro lado, se implementará el código de la percepción en la raspberry y la cámara, probando su funcionamiento. Duración aprox. de 2 horas
Campaña de test	Incrementando gradualmente la separación entre raspberry y teléfono.
Fecha campaña de test	Final marzo - abril
Completo	En proceso
Información adicional	Se medirá la frecuencia de ejecución del código de percepción y el retraso al transmitir la imagen a la aplicación.

Número de test	4
Tipo	Integración del prototipo - la electrónica.
Lugar	Indeterminado
Objeto	Todos los componentes electrónicos.

Procedimiento y duración	Conexión y comprobación del funcionamiento cuando se alimenta con el sistema de alimentación implementado. Medición aproximada de la duración de la batería. Duración aproximada 4-5 horas
Campaña de test	Se comprobará primero cada componente o pequeño conjunto. Después, se probará el conjunto completo.
Fecha campaña de test	Abril
Completo	No
Información adicional	

Número de test	5
Tipo	Integración del prototipo - funcionamiento.
Lugar	A concretar.
Objeto	Prototipo completo, toda la electrónica y la estructura.
Procedimiento y duración	Se integrará el prototipo final, colocando los actuadores y sensores en su lugar y el resto de electrónica dentro del chasis. Se comprobará que el funcionamiento es correcto, en especial si los códigos implementados hacen lo que se espera.
Campaña de test	Primero, se comprobarán por separado: - Teledirección (Conexión bluetooth, app, movilidad, imagen en tiempo real, velocidad mínima). - Detección de pelotas. - Detección de personas. Después, se comprobará el módulo autónomo 'Recoger pelota' (Detección de pelota, conducción autónoma hacia la pelota, coger la pelota, detectar a una persona y dirigirse a ella).
Fecha campaña de test	Final abril - mayo
Completo	No
Información adicional	

Número de test	6
Tipo	Subida del escalón.

Lugar	A concretar.
Objeto	Prototipo completo.
Procedimiento y duración	Se colocará al robot cerca del escalón y se ejecutará el código correspondiente y se comprobarán los resultados.
Campaña de test	En primer lugar, el escalón será de 10 cm. Si se consigue realizar, se aumentará la altura.
Fecha campaña de test	Mayo
Completo	No
Información adicional	Se realizará a continuación del test 5. El escalón inicial será artificial, creado con una caja o algo similar.

Número de test	7
Tipo	Detección y evitación de obstáculos
Lugar	A concretar.
Objeto	Prototipo completo.
Procedimiento y duración	Se situará al perro en un entorno con obstáculos y se comprobará las funcionalidades relacionadas con el movimiento.
Campaña de test	Primero, se comprobará durante la teledirección. En segundo lugar, mediante la movilidad autónoma de 'buscar la pelota'.
Fecha campaña de test	Mayo
Completo	No
Información adicional	

Los colores en la tabla significan algo? Da la sensación de que simplemente vais alternando entre rojo y azul. Si queréis ponerle colores, os sugiero usar un color para los test unitarios, otro para los tests de integración (dos o más subsistemas, pero no el proyecto completo) y un tercero para los tests a nivel de sistema (tests del proyecto completo)

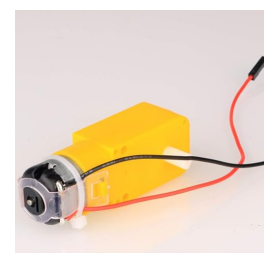
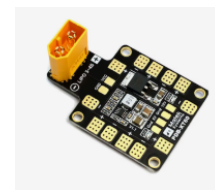
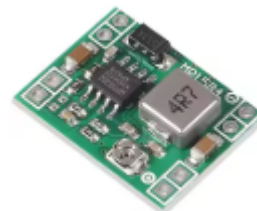
5. Material y presupuesto

añadir coma

5.1. Material necesario

Para el diseño de nuestro proyecto, tras toda la planificación del diseño y los objetivos que queríamos que realizara, hemos diseñado un listado de componentes necesarios para el montaje de nuestro perro robot. Cabe destacar que esta lista es provisional y está abierta a modificaciones durante etapas posteriores del desarrollo. A continuación, vamos a detallar cada componente necesario, qué es lo que hace cada uno de ellos y la funcionalidad dentro de nuestro proyecto [5]:

- Sistema de potencia:
 - Lipo 2S: Batería de 7,4 voltios y 5200mAh para alimentar la totalidad de los dispositivos que componen el robot.
 - Regulador de potencia (convertidor DC/DC), modelo MP1684EN: Regulador de potencia para rebajar la tensión de salida de la batería, comentada anteriormente, de los 7,4 V a la tensión nominal de cada dispositivo.
 - Placa de distribución de energía, modelo PDB XT60: Placa de distribución de energía que proporciona 6 salidas a la misma tensión que la entrada, de manera que podamos alimentar con una única salida de la batería todos los componentes. Cuenta con su propio regulador de tensión, proporcionando una salida extra a 5V y otra a 12V. En principio no se emplearán estas salidas reguladas por el propio distribuidor.
- Sistema de movilidad:
 - Servomotores: 8 servomotores de engranaje de metal MG996R analógicos de alta velocidad. El MG996R-180 es un servomotor de rotación limitada (180°) con engranajes metálicos, alto torque y precisión. Funciona con 5-7.2V, proporcionando hasta 11 kg·cm a 6V, ideal para robótica y proyectos de Arduino. Servirán para las articulaciones de las patas del perro, dándole movilidad a los codos y la conexión de las patas con el chasis principal.
 - Motores de las ruedas: Motores GUUZI Mini DC 3-6V con caja de cambios 1:48, son motores de corriente continua (DC) con caja de reducción 1:48 y doble eje, diseñados para operar con 3-6V. Proporcionan baja velocidad y alto torque permitiendo un control preciso del movimiento. Se utilizarán

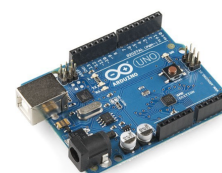


para accionar las patas o ruedas, permitiendo la locomoción del robot con movimientos controlados y estables.

- Ruedas: Las ruedas están incluidas con los motores y están hechas de plástico resistente con neumáticos de goma, lo que mejora la tracción en diversas superficies. Su diseño permite un acoplamiento directo con los motores TT, facilitando su uso en robots móviles y vehículos inteligentes. **qué significa TT en este contexto?**

- Sistema de control:

- Raspberry: Raspberry pi 3 modelo B V1.2 es una microcomputadora de bajo costo que cuenta con un procesador Broadcom BCM2837 de 64 bits (quad-core a 1.2 GHz), 1 GB de RAM, conectividad Wi-Fi y Bluetooth 4.1, 4 puertos USB 2.0, HDMI, GPIO de 40 pines, y soporte para microSD como almacenamiento principal. Servirá como el cerebro del perro robot, coordinando el procesamiento de datos, el control de movimientos mediante los servomotores y la comunicación con sensores y cámaras para la navegación e interacción con el entorno.
- Cámara: Cámara V2.1 para Raspberry Pi es un módulo con sensor Sony IMX219 de 8 MP, capaz de capturar imágenes de alta resolución y video en 1080p. En la creación del perro robot, se usará para la visión artificial, permitiéndole detectar objetos, reconocer patrones y navegar de manera autónoma.
- Módulo Bluetooth HC-06: empleado para realizar la conexión entre la aplicación y la Raspberry Pi, permitiendo el envío de los comandos necesarios para realizar el control del robot.
- Sensor de ultrasonido para arduino, HC-SR04: Sensor utilizado en los laterales, delantera y trasera del dispositivo para que detecte y evite choques con distintos obstáculos que puedan presentarse en la dirección del movimiento.
- Microcontrolador, modelo Arduino UNO: Empleado para el control del funcionamiento de los servos asociados al movimiento de las patas. Se emplearán uno o dos dispositivos.



- Componentes generales.

- Chasis del robot: Carcasa compacta, impresa en 3D, que servirá como soporte y nexo de los diferentes componentes del proyecto.
- Patas del robot
- Filamento para la impresión 3D.
- Sistema de cableado: Para la interconexión de todos los subsistemas del proyecto.



- Leds: Sistema de iluminación mediante luces led, tanto individuales como en línea.
- Herramientas necesarias: Voltímetros, soldadores, sistemas de fijación y ordenadores para la programación.
- Instalaciones empleadas.
Durante la realización del proyecto se nos está facilitando el uso de distintas instalaciones, lo que nos facilita el acceso a las herramientas y aparatos mencionados. Cabe destacar las instalaciones y el taller de “Etsibot”, las salas de estudio de la biblioteca de la ETSI o los laboratorios pertenecientes a los departamentos asociados a cada una de las áreas del proyecto.

Muy trabajado, ¡buen trabajo!

5.2 Presupuesto

Los presupuestos son, en este momento, provisionales y están abiertos a modificaciones en posteriores etapas del desarrollo del proyecto.

Presupuesto del primer prototipo: (Sin incluir horas de ingeniería ni maquinaria).

Primeramente se incluye el presupuesto para la fabricación del primer prototipo. Este no incluye el costo de las horas de ingeniería ni de las herramientas y maquinaria utilizada.

Componente	Precio Unitario (€)	Proveedor	Cantidad	Precio Total (€)
Regulador de potencia MP1584EN	0,2	Aliexpress	5	1
Placa de distribución PDB XT60	2	Aliexpress	2	4
Batería Lipo 2s	30	Propiedad del departamento	1	0
Leds	0,5	Propiedad del grupo	6	0
Arduino UNO	30	Propiedad del grupo	1-2	0
Sensor ultrasonido.	2	Propiedad del grupo	4	0

HC-SRO4				
Módulo Bluetooth HC-06	4.5	Propiedad del grupo	1	0
Raspberry pi 3	70	Propiedad del grupo	1	0
Chasis	20	Fabricado por el grupo	1	20
Cámara V2.1	25	Propiedad del grupo	1	0
Motores Micro 716	2	Propiedad del grupo	4	0
Servomotores MG996R	3,2	4 Propiedad del grupo 4 Aliexpress	8	12,8

Presupuesto Total: 27,8 €

Presupuesto de Fabricación en Serie (Incluyendo herramientas y maquinaria, repartidos entre N)

Posteriormente se muestra el presupuesto total de producción, incluyendo todos los costos para la fabricación de un número N de piezas del producto.

Cabe destacar que la totalidad de los aparatos y herramientas utilizadas durante la producción del primer prototipo han sido prestadas por la universidad o pertenecían ya a alguno de los componentes del grupo de trabajo. Por tanto, no han supuesto coste económico ninguno en su fabricación.

Concepto	Coste Total (€)	Coste Unitario por N unidades (€)
Costo de Componentes	27,8 * N	27,8
Impresora 3D	600	600 / N
Material de electrónica	150	150 / N



(Voltímetros, generadores de tensión, etc.)		
Material de ferretería (Sistema de soldadura, herramientas, sistema de sellado, etc.)	100	150 / N

Presupuesto Total por Unidad: $(27,8 \cdot N) + (600 + 150 + 100) / N$.

Está muy bien. La fórmula es buena idea, pero podéis particularizarla para algún/algunos valores de N, por ejemplo N = 100



6. Referencias.

- [1] Comisión Europea, “Digital Education Action Plan 2021–2027”, 2021.
- [2] Smith, J., et al., “Low-cost robotic platforms for education”, IEEE Robotics & Automation Magazine, 2020.
- [3] Patente US20190017381A1, “Toy robot locomotion system”, 2019.
- [4] Pérez, M., et al., “Computer vision for object detection in robotic toys”, Robotics Journal, 2021.
- [5] Fuente imágenes: Amazon (2025). Imágenes de los diferentes componentes. [Amazon.es](https://www.amazon.es)

Esta sección está cortita, hay pocas referencias porque el estado del arte es mejorable también
Faltan los inventores de la patente [3]

En general: un buen documento, muy trabajado y consistente. ¡Buen trabajo!