



TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECATRÓNICA

Diseño e implementación de un robot educativo con realidad aumentada para el aprendizaje científico y espacial con experiencias inmersivas

AUTORES: Achig Yépez, Ángel Sebastián — Chimbolema Lema, Jhonatan Steven

DIRECTORA: Ing. Mayra Elizabeth Comina Tubón, PhD.

Sangolquí, 2026



AstroBot

Robot educativo

Contenido

- 1 Objetivos
- 2 Antecedentes
- 3 Planteamiento del problema/Alcance
- 4 Diseño e Implementación
- 5 Pruebas y Resultados
- 6 Discusión
- 7 Conclusiones
- 8 Recomendaciones y Trabajos Futuros



Objetivos

Diseñar e implementar un robot educativo con realidad aumentada para el aprendizaje científico y espacial con experiencias inmersivas.

Objetivos específicos



REALIZAR

1



DISEÑAR

2



DESARROLLAR

3



IMPLEMENTAR

4



VALIDAR

5

Antecedentes

La robótica educativa, la realidad aumentada y la inteligencia artificial se han consolidado como estrategias tecnológicas complementarias para fortalecer el aprendizaje activo y el pensamiento científico.

Fundamento en la literatura

Robótica educativa



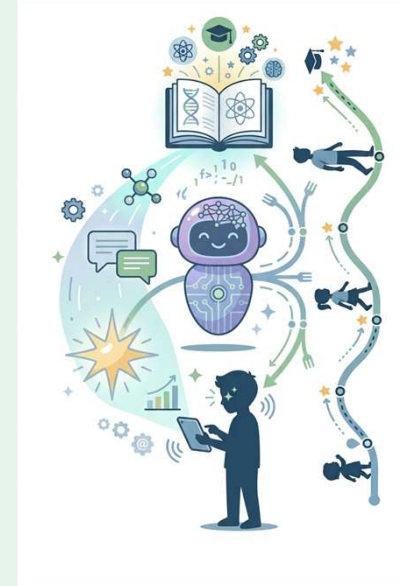
Fridberg & Redfors, 2024

Realidad aumentada



Teo, 2025

Inteligencia artificial



Lampropoulos, 2025

Planteamiento del problema

El problema no es la falta de tecnología sino la falta de herramientas.

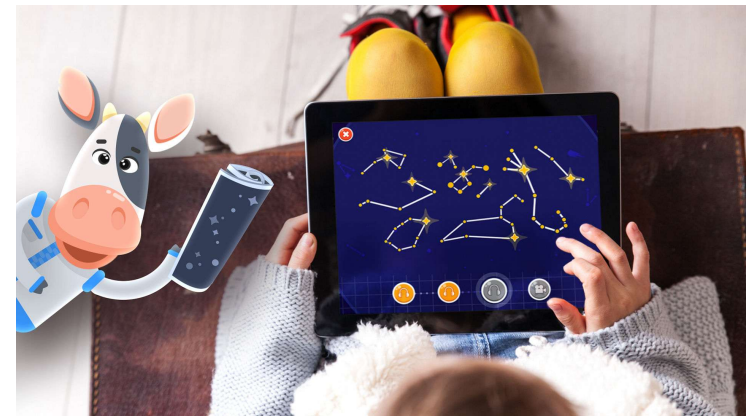
Juguete robótico



Manipulación física
Estímulo visual



Tablet con app educativa



Manipulación física
Estímulo visual



ESPE

MECATRÓNICA



Alcance

Objetivos

Antecedentes

Problema/Alcance

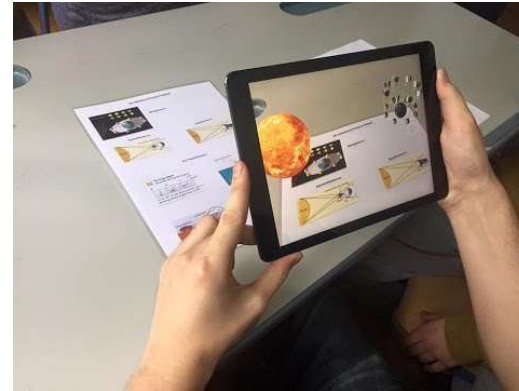
Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y
Trabajos Futuros



Puntos clave

- Integración modular de IA y RA
- Sistema de visualización doble
- Aprendizaje mediante interacción física y visual combinada

Diseño conceptual

Norma NTE INEN-EN 71-1 (seguridad de juguetes) como marco normativo.

Requerimientos priorizados (QFD)

Tarjeta de control 17,4%

Dimensiones y estructura 15,2%

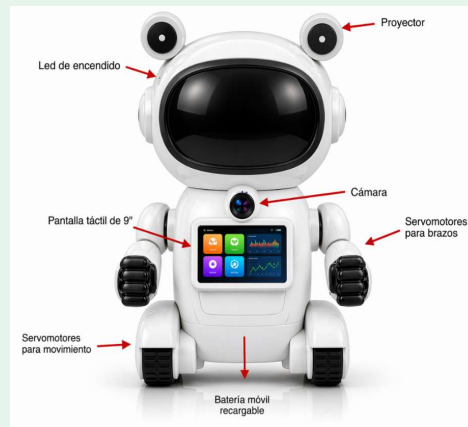
N.º de actividades 11,4%

				Column #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				Direction of Improvement Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (X)	▼	X	X	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Row #	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Weight / Importance	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "How's") Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Peso	Dimensiones y estructura	Grados de Libertad	Capacidad de Batería	Tamaño y Resolución de Pantalla	Precisión de Reconocimiento de Voz	Número de Actividades Programadas	Tarjeta de control adecuada	Modularidad de componentes	Acabado superficial
1	9	10.0	4.0	Diseño estético atractivo	▲	0	0	▲	0	▲	▲	▲	0	0
2	9	12.5	5.0	Arquitectura modular	0	0	0	0	0	▲	0	0	0	▲
3	9	7.5	3.0	Uso seguro	0	0	0	▲	▲	▲	0	0	0	0
4	9	12.5	5.0	Estabilidad estructural y robustez	▲	0	▲	▲	▲	▲	▲	▲	0	0
5	9	10.0	4.0	Presencia de partes móviles.	0	0	0	0	▲	▲	▲	0	0	▲
6	9	7.5	3.0	Autonomía energética	0	▲	0	0	0	▲	▲	0	0	▲
7	9	7.5	3.0	Visualización gráfica adecuada	▲	0	▲	0	0	0	0	0	▲	▲
8	9	12.5	5.0	Integración de IA	▲	▲	▲	▲	0	0	0	0	▲	▲
9	9	12.5	5.0	Integración de RA	▲	▲	▲	▲	0	0	0	0	▲	▲
10	9	7.5	3.0	Costo moderado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Target or Limit Value														
Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)														
Max Relationship Value in Column					9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Weight / Importance					235.0	550.0	315.0	235.0	405.0	255.0	415.0	630.0	310.0	280.0
Relative Weight					6.5	15.2	8.7	6.5	11.2	7.0	11.4	17.4	8.5	7.7

Diseño conceptual

Se evaluaron 3 conceptos de diseño en 10 criterios técnicos (escala 1-5, máx. 50 puntos).

Concepto 1 - Ganador



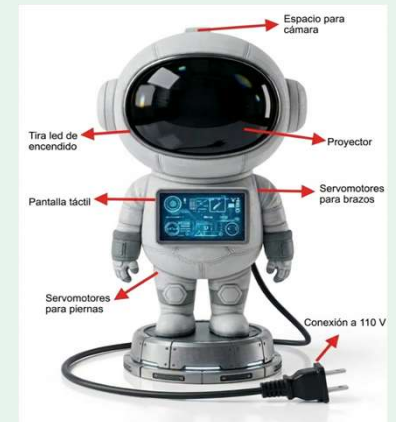
Puntaje obtenido: 32

Concepto 2



Puntaje obtenido: 26

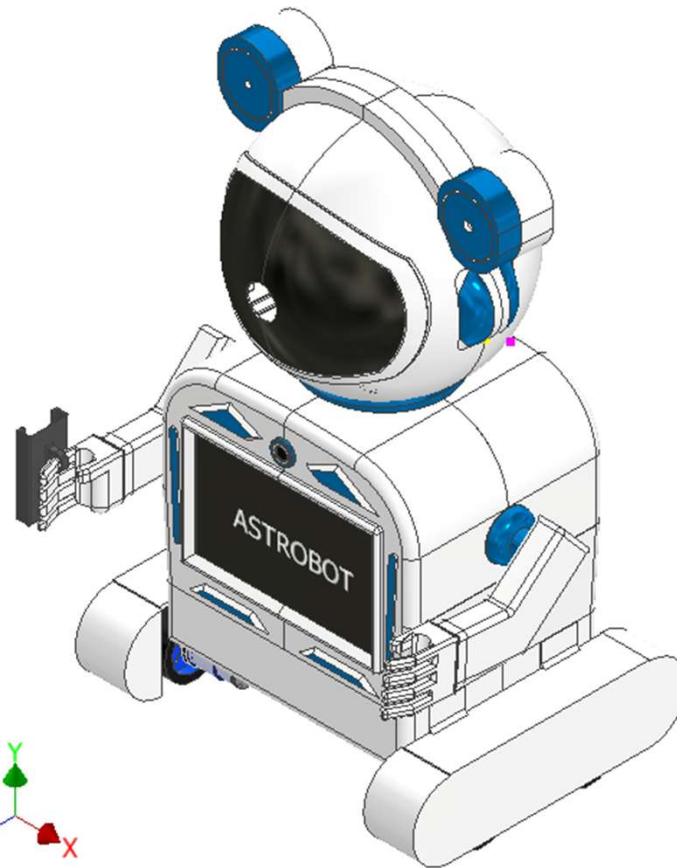
Concepto 3



Puntaje obtenido: 28

Diseño mecánico

Diseñados en PETG y validados estructuralmente mediante simulación CAD.



Puntos clave

- Diseño y Análisis estático del eje del brazo
- Diseño del sistema de locomoción y análisis estático del acople de rueda

Diseño mecánico

Objetivos

Antecedentes

Problema/Alcance

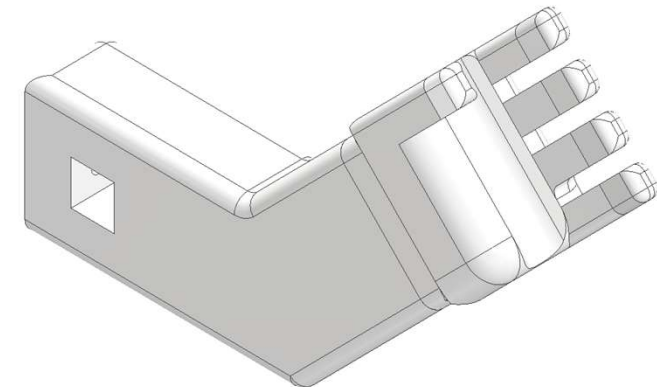
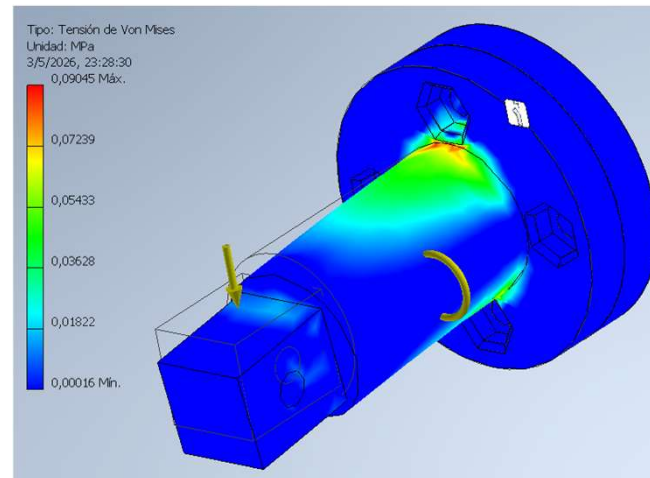
Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y
Trabajos Futuros



Diseño y análisis estático del eje del brazo

- 1 Masa del brazo: 0,213 kg ,1 grado de libertad
- 2 Torque total requerido: 0,040 N·m
- 3 Servomotor MG996R: torque máximo 0,922 N·m
- 4 Factor de seguridad: 22,8
- 5 Rodamiento serie 6805-2RS.
- 6 Esfuerzo máximo de Von Mises: 0,09045 MPa es 0,26% de la resistencia del material

Diseño mecánico

Objetivos

Antecedentes

Problema/Alcance

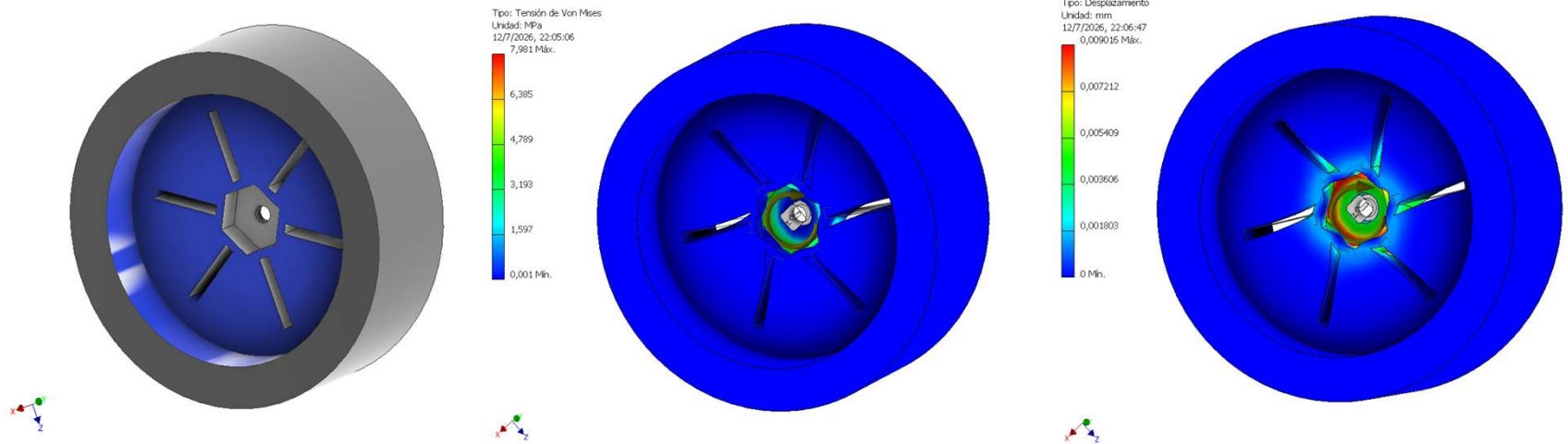
Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y
Trabajos Futuros



Diseño del sistema de locomoción y análisis estático del acople de rueda

- 1 Ruedas: 4, diámetro 70 mm, material ABS
- 2 Masa total del ensamblaje: 7,8 kg
- 3 Fuerza total distribuida: 76,52 N es de 19,13 N por rueda
- 4 Esfuerzo máximo de Von Mises: 7,981 MPa
- 5 Factor de seguridad dinámico: 2,27

Diseño electrónico

Objetivos

Antecedentes

Alcance

Diseño e Implementación

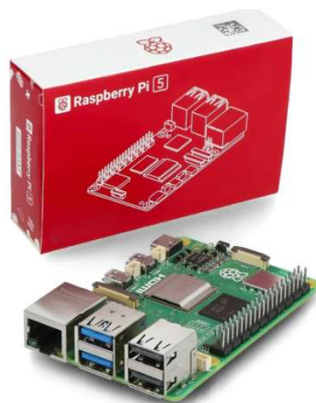
Pruebas y Resultados

Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y
Trabajos Futuros

Raspberry Pi 5 8GB RAM, Wi-Fi/BT nativo



**Batería
LiFePO4
12V/15Ah**

Mayor seguridad y
estabilidad térmica frente
a LiPo convencional

Autonomía uso simultáneo

1,52 horas (todos los subsistemas activos)

Autonomía uso continuo

3,83 horas (solo Raspberry Pi + pantalla)

Control y comunicaciones

Objetivos

Antecedentes

Problema/Alcance

Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y
Trabajos Futuros

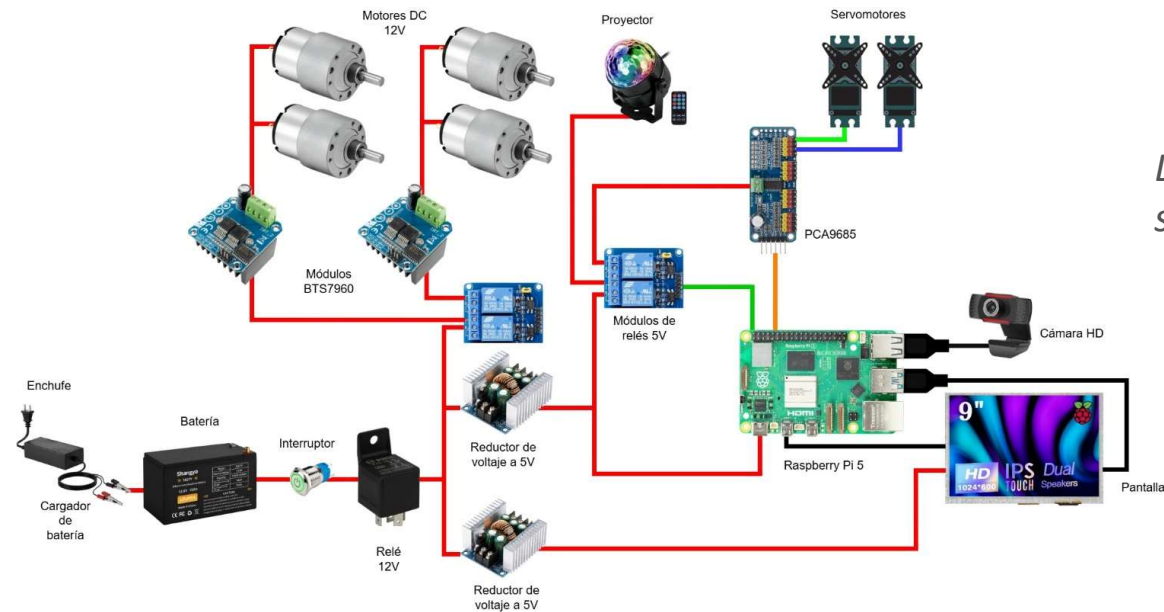


Diagrama de conexión del sistema electrónico del robot.

PCA9685

I2C (GPIO2/GPIO3) —
control de 2 servomotores
de brazos

2x BTS7960

Puente H — control
diferencial de 4 motores
DC

Aislamiento

Relés protegen la
Raspberry Pi de caídas de
tensión

Interfaz gráfica

Objetivos

Antecedentes

Problema/Alcance

Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y
Trabajos Futuros



PANTALLA INICIO

- Conexión Internet
- Conexión Bluetooth
- Modo desarrollador

ACTIVIDADES RECREATIVAS

- Juegos espaciales
- Asistente con IA
- Actividades con RA



Inteligencia artificial



Objetivos

Antecedentes

Problema/Alcance

Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

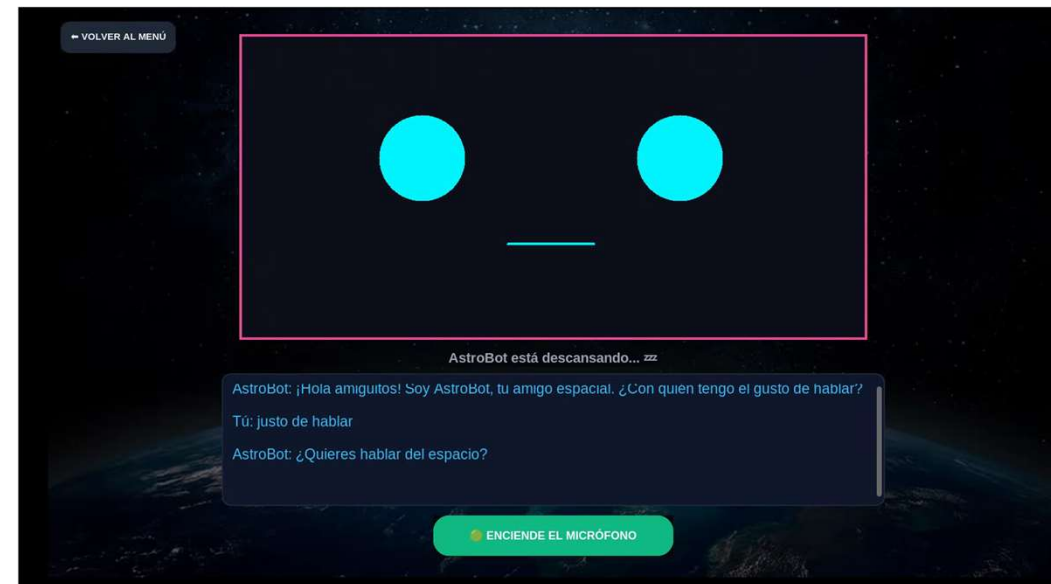
Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos Futuros

Flujo del asistente de IA

- 1 Apertura de la actividad
- 2 Presentación y solicitud de nombre
- 3 Captura de audio
- 4 Transcripción: Gemini 2.5 Flash-Lite (respaldo: Whisper Large V3 Turbo / Groq)
- 5 Generación de respuesta: Llama 3.3 70B (Groq)
- 6 Síntesis de voz: Piper TTS local (ONNX)



Realidad aumentada

OpenCV + MediaPipe. Tres modalidades técnicas de RA implementadas y validadas, integradas con el robot físico.

Objetivos

Antecedentes

Problema/Alcance

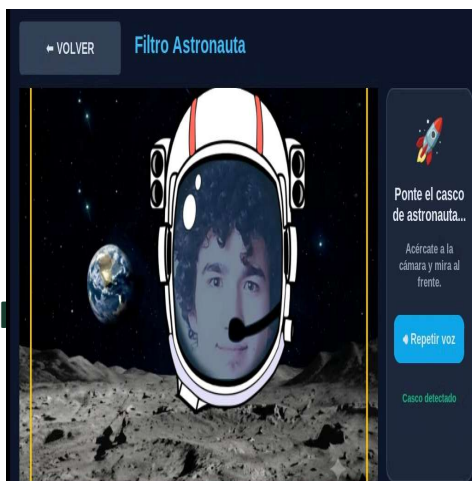
Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

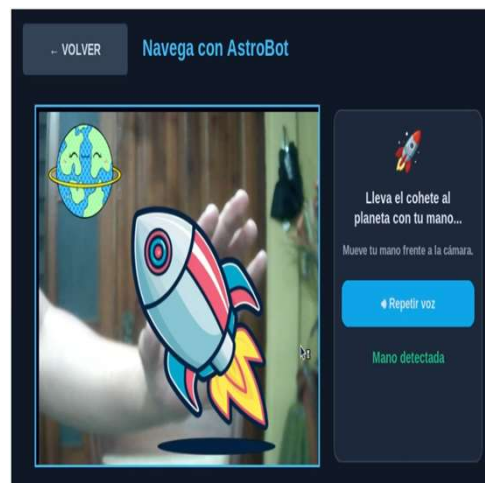
Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y
Trabajos Futuros



Casco de astronauta + fondo lunar sobre el rostro detectado.



Elementos espaciales (estrellas, planetas, naves) alrededor de la mano.



Estrellas y luna proyectadas en el entorno físico (RA proyectada).

Aplicación móvil

Objetivos

Antecedentes

Problema/Alcance

Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y
Trabajos Futuros

¡Bienvenido a AstroBot! 🤖



Conecta tu dispositivo vía Wi-Fi

IP de AstroBot, ejemplo: 192.168.1.37

1) 🔍 BUSCAR ASTROBOT

2) 🔗 CONECTAR ASTROBOT

3) CONTINUAR →

INICIO

Panel de Control

✓ Conectado a AstroBot

Elige una acción

🤖 SALUDO DE ASTROBOT

🚶 MOVER A ASTROBOT

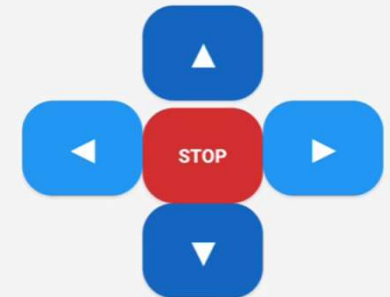
← REGRESAR

PANEL DE CONTROL

🎮 Mover a AstroBot

✓ Girando derecha

Mantén presionada una flecha



← VOLVER AL PANEL

← REGRESAR

MOVIMIENTO

Construcción del prototipo

Impresión 3D en PETG → post-procesado (masillado, lijado) → imprimación y pintura → ensamble final.

Objetivos

Antecedentes

Alcance

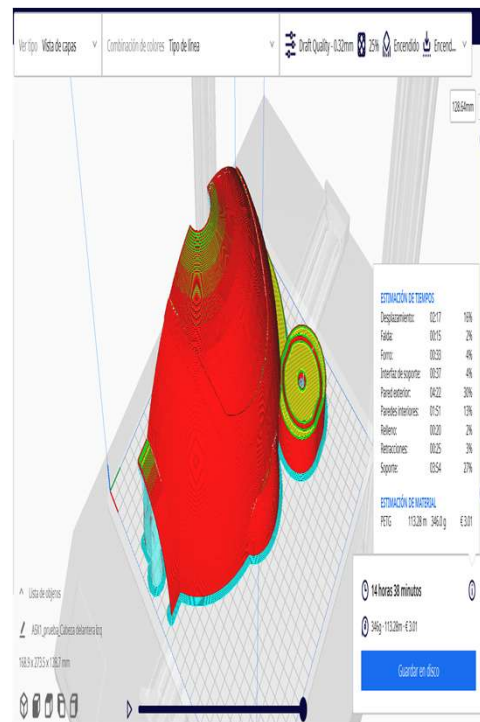
Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos
Futuros



Impresión 3D



Post-procesado y pintura



Robot ensamblado

Resultados: actuadores

Escala de calificación 1 (deficiente) a 3 (excelente), promedio de 5 ensayos por parámetro.

Motores DC (locomoción)

Respuesta de arranque	2,6
Latencia de respuesta	2,4
Frenado	2,8
Estabilidad de giro angular	2,4
Estabilidad dinámica del chasis	2,4

84% éxito global

JGB37-520 DC12V



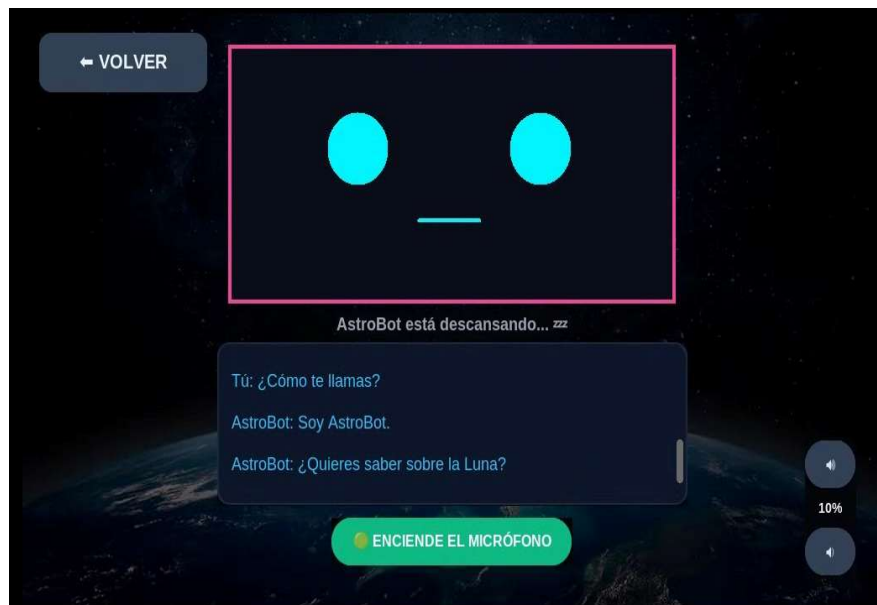
Servomotores (brazos)

Precisión de rango (0°-50°)	2,8
Latencia de respuesta	2,6
Suavidad de movimiento	2,4
Estabilidad en posición	2,8
Fuerza de retención	2,8

89,3% éxito global



Resultados: software e inteligencia artificial



Asistente de inteligencia artificial

Precisión de transcripción **25 / 30**

Calidad de respuesta **25 / 30**

Tiempo prom. de respuesta **13,29 s**

Tiempo prom. de procesamiento **21,68 s**

Variabilidad según complejidad de la pregunta: hasta 57,49 s en el caso más exigente.

Software (arranque)
éxito global de encendido

100%

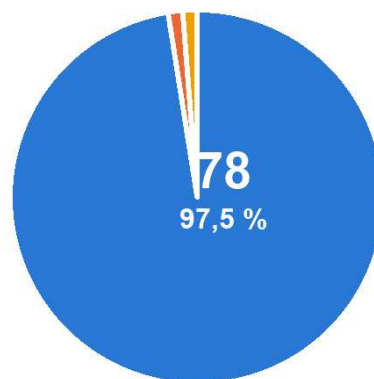
Tiempo promedio de inicialización: 24,35 s
(rango: 23,46 - 25,10 s)

Resultados encuestas

Escala de valoración: 1 = Totalmente en desacuerdo 2 = En desacuerdo 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo 4 = De acuerdo 5 = Totalmente de acuerdo

Docentes de Educación Inicial

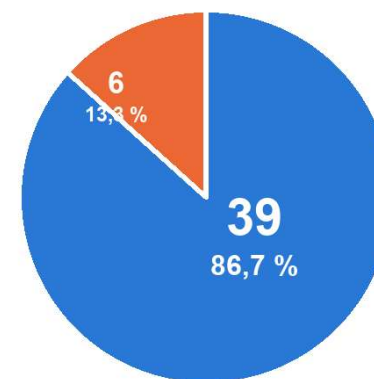
80 respuestas



97,5 % totalmente de acuerdo

Área técnica

Mecánica y Mecatrónica · 45 respuestas



86,7 % totalmente de acuerdo

■ 5 · Totalmente de acuerdo

■ 4 · De acuerdo

■ 3 · Ni de acuerdo ni en desacuerdo

Análisis de costos

AstroBot se ubica en un rango de precio competitivo frente a robots educativos comerciales similares

Objetivos

Antecedentes

Alcance

Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos
Futuros



AstroBot \$824 USD



**Embodied Moxie
\$900 USD**



**UBTECH Alpha Mini
\$999 USD**



**Nuwa Kebbi Air \$950
USD**

Discusión



Motores DC (84%)

No es falla técnica: velocidad reducida deliberadamente por seguridad en entorno educativo (ciclo de trabajo 50% vs. 70%).

Realidad aumentada

Pierde precisión con distancia e iluminación variable, se recomienda condiciones controladas en aula.

Inteligencia artificial

Tiempo de procesamiento variable según complejidad de la pregunta, hasta 57,49 s en el caso más exigente.

Arquitectura híbrida

Procesamiento local + nube reduce carga computacional y favorece la autonomía de batería.



Video de funcionamiento



Objetivos

Antecedentes

Alcance

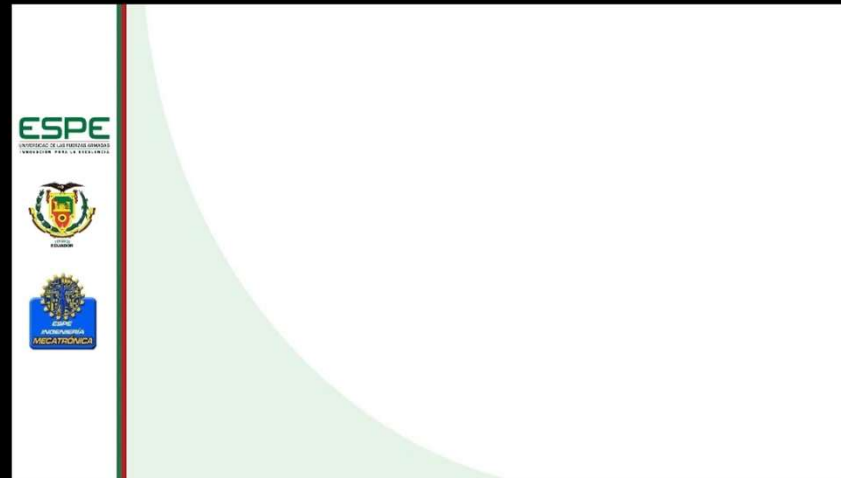
Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

Discusión

Conclusiones

Recomendaciones y Trabajos
Futuros



Conclusiones

1

Estudio



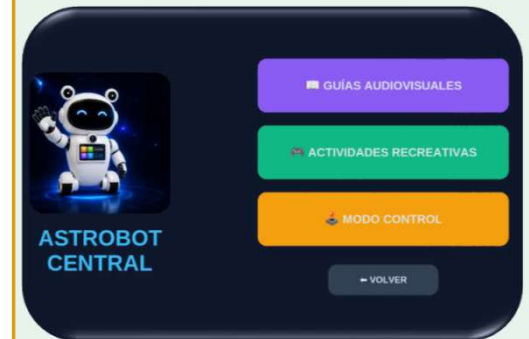
2

Diseño



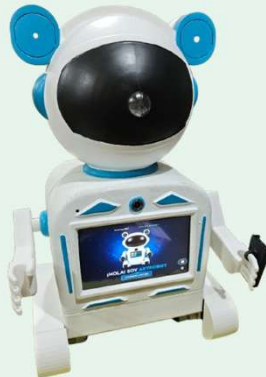
3

Interfaz



4

Implementación



5

Pruebas y validación



Recomendaciones y trabajos futuros

Objetivos

Antecedentes

Alcance

Diseño e Implementación

Pruebas y Resultados

Discusión

Conclusiones

**Recomendaciones y Trabajos
Futuros**

1

Contenido personalizable



2

Navegación autónoma



3

Micrófono



Muchas gracias

AstroBot — Robot educativo con realidad aumentada e inteligencia artificial

