

# Design of an ESP32 Compatible Development Board for Mobile Robot Control in Social Robotics

Neftali Elorza Lopez<sup>1</sup>; Maria Isabel Cuevas Avila<sup>2</sup>; Julio Uriel Velazquez Montalvo<sup>3</sup>, Victor Javier Gonzalez Villela<sup>4</sup>, Fernando Macedo Chagolla<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,5</sup> Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM, México, [neftalielorzaeol@aragon.unam.mx](mailto:neftalielorzaeol@aragon.unam.mx), [isabelcuevase6@aragon.unam.mx](mailto:isabelcuevase6@aragon.unam.mx), [urielmontalvo01@aragon.unam.mx](mailto:urielmontalvo01@aragon.unam.mx) and [machf1@unam.mx](mailto:machf1@unam.mx)

<sup>4</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM, México, [vjgv@unam.mx](mailto:vjgv@unam.mx)

*Abstract– This article presents the design of a development board based on ESP32, optimized for controlling motors and sensors in mobile social robotics applications. The proposed board improves power distribution, reduces wiring complexity, and enhances communication efficiency between components. The methodology includes system architecture design, hardware integration, and experimental validation. Preliminary results demonstrate improved energy efficiency, motor control precision, and enhanced human-robot interaction capabilities. Future work will focus on expanding communication protocols and optimizing system robustness for real-world applications*

*.Keywords--*

*Social robotics, ESP32, Development board, motor control, human-robot interaction, power control.*

# Diseño de una Tarjeta de Desarrollo Compatible con ESP32 para Control de Robots Móviles en Robótica Social

Neftali Elorza Lopez\*, Maria Isabel Cuevas Avila†, Julio Uriel Velazquez Montalvo‡  
Victor Javier Gonzalez Villela§ Fernando Macedo Chagolla¶

\*Facultad de Estudios Superiores Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México  
neftaliorzaeol@aragon.unam.mx, isabelcuevase6@aragon.unam.mx,  
urielmontalvo01@aragon.unam.mx and machf1@unam.mx

§Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México  
vjgv@unam.mx

**Resumen**—Este artículo presenta el diseño de una placa de desarrollo basada en ESP32, optimizada para controlar motores y sensores aplicados en robots sociales. La placa propuesta mejora la distribución de energía, reduce la complejidad del cableado y mejora la eficiencia de la comunicación entre componentes. La metodología incluye el diseño de la arquitectura del sistema, la integración del hardware y la validación experimental. Los resultados preliminares demuestran una mejora en la eficiencia energética, la precisión del control de motores y una mejora en las capacidades de interacción entre humanos y robots. El trabajo futuro se centrará en ampliar los protocolos de comunicación y optimizar la robustez del sistema para aplicaciones del mundo real.

**Index Terms**—Robótica social, ESP32, Tarjeta de desarrollo, control de motores, interacción humano-robot, control de potencia.

## I. INTRODUCCIÓN

La robótica es el estudio de los robots [1], y la robótica social es un campo emergente que busca desarrollar sistemas capaces de interactuar de manera natural con los seres humanos, adaptándose a su entorno y facilitando tareas en diversos ámbitos, como la educación, la asistencia sanitaria y la comunicación.

Para lograrlo, estos robots deben integrar atributos clave, como percepción del entorno, inter-

acción humano-robot, autonomía y capacidad de aprendizaje adaptativo. No solo cumplen funciones operativas, sino que también favorecen interacciones naturales, ajustándose a las necesidades de los usuarios en distintos contextos, como la educación, la salud y la atención institucional [2], [3].

Estos sistemas están diseñados para comunicarse con los humanos de manera fluida mediante tecnologías avanzadas, tales como procesamiento de lenguaje natural (PLN), reconocimiento de gestos y movilidad autónoma [2], [4]. Además, la integración de múltiples modalidades de interacción, como voz, gestos y pantallas táctiles, ha demostrado mejorar significativamente la experiencia del usuario. Estos elementos permiten al robot adaptarse a distintos entornos y tipos de usuarios, haciendo la interacción más inclusiva y accesible. Asimismo, las interfaces visuales, como pantallas táctiles, proporcionan un canal adicional para la entrega de información clara y precisa [3], [5].

Los robots sociales deben cumplir con ciertos atributos esenciales, entre los que destacan [6]:

- Interacción Humano-Robot
- Sensibilidad Emocional
- Adaptabilidad
- Seguridad

- Aprendizaje y Personalización
- Utilidad Práctica

Uno de los desafíos clave en el diseño de robots sociales es la personalización. Dado que la interacción humano-robot es altamente variable, cada persona responde de manera diferente, lo que impide establecer especificaciones únicas para su diseño. Además, la robótica social no está limitada a una apariencia humanoide; su configuración puede adaptarse según el usuario final y los requerimientos del entorno.

Otra característica fundamental es la posibilidad de integrar otras ramas de la robótica, como la robótica móvil, para mejorar la estructura y funcionalidad del robot. La locomoción es un factor crucial en estos sistemas, ya que permite la creación de diversos diseños adaptados a diferentes propósitos.

En este contexto, el presente trabajo surge como parte del desarrollo del proyecto *Timmy*, un robot social móvil diseñado bajo el enfoque Do It Yourself (DIY) [7].



Figura 1. Timmy

Este proyecto representa la primera fase de investigación del grupo *Cobotics Crew*, cuyo objetivo es la creación de una comunidad de cobots alineados con los atributos principales de la robótica social.

Uno de los principales desafíos en el desarrollo de robots sociales es la integración eficiente de hardware y software, lo que permite respuestas fluidas y naturales en tiempo real. Para abordar este reto, se diseñó una tarjeta de desarrollo basada en ESP32, optimizada para el control de motores y sensores en robots móviles. Esta tarjeta mejora la distribución de energía, reduce la complejidad del cableado y optimiza la comunicación entre los componentes, facilitando la implementación de



Figura 2. Timmy Conexiones

funciones avanzadas de interacción y navegación autónoma.

La navegación autónoma es un aspecto crítico en los robots sociales. No solo implica evitar obstáculos, sino también cumplir con normas sociales de movimiento, como ceder el paso y respetar el espacio personal de los usuarios. Esto es particularmente relevante en aplicaciones como la recepción y atención al público, donde el robot debe operar de manera eficiente en espacios compartidos con humanos [2], [8].



Figura 3. Sistemas Timmy

Entre las características más destacadas de los robots sociales se encuentran su capacidad para operar en entornos dinámicos, respetar normas sociales de movimiento y responder a las emociones humanas, fomentando así una experiencia más personalizada e inclusiva. La integración de múltiples modalidades de interacción ha demostrado ser fundamental para mejorar la aceptación y satisfacción del usuario.

En este sentido, el presente proyecto busca desarrollar un robot social que incorpore movilidad autónoma, interacción multimodal y evaluación de

la experiencia del usuario para optimizar la recepción y atención en entornos institucionales, como universidades, hospitales y oficinas administrativas. Esta propuesta no solo aborda problemas operativos, como tiempos de espera prolongados y sobrecarga del personal humano, sino que también propone innovaciones en la prestación de servicios mediante la integración de soluciones robóticas avanzadas.

Durante el desarrollo del proyecto *Timmy*, la falta de una solución electrónica integrada llevó al uso de distintas tarjetas y módulos para suplir las necesidades del sistema. Se emplearon ESP32, ESPCAM, mCore y Micro:bit para gestionar la movilidad del robot y la comunicación entre sus componentes. Sin embargo, esta solución temporal presentó limitaciones en eficiencia energética, complejidad del cableado y compatibilidad entre los módulos.



Figura 4. Diagrama de Conexiones

Este artículo presenta los detalles del diseño y fabricación de una tarjeta de desarrollo que unifica todas estas funciones en una sola plataforma. Se describen la selección de componentes, la metodología empleada y las pruebas realizadas. Además, se analiza su impacto en la eficiencia del robot y su potencial aplicación en el campo de la robótica social.

## II. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar una tarjeta de control basada en ESP32 optimizada para robots sociales móviles, que integre de manera eficiente los sistemas de locomoción, sensorización e interacción, facilitando la implementación de funciones avanzadas de robótica social.

## III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar una arquitectura electrónica optimizada que centralice el control de motores, sensores y comunicación en un solo sistema, reduciendo la complejidad del cableado y mejorando la estabilidad del hardware.
2. Implementar protocolos de comunicación eficientes utilizando Wi-Fi y Bluetooth para permitir la conectividad con otros dispositivos y facilitar la interacción humano-robot en entornos dinámicos.
3. Generar una plataforma que permita implementar fácilmente configuraciones de robots móviles los cuales permitan generar un ambiente de robots colaborativos.

## IV. METODOLOGÍA

La metodología implementada fue basada en Ulrich [9], la cual estableció el siguiente esquema :



Figura 5. Esquema de las etapas de diseño Ulrich

### IV-A. Identificación de necesidades

- **Sistema de Locomoción:** Moto reductores
- **Alimentación:** Baterías
- **Sistema de Control:** Microcontrolador
- **Sensores de Movilidad:** Sensor Ultrasónico y Sensores infrarrojos.

### IV-B. Especificaciones Objetivo

#### ESP32

- Voltaje de operación: 3.3 a 5 V
- WiFi y Bluetooth integrados
- Procesador: Tensilica Xtensa LX6 de doble núcleo o simple núcleo
- Frecuencia de reloj: hasta 240 MHz
- Memoria RAM: 520 KB
- Almacenamiento Flash: externo (SPI)
- GPIOs: hasta 34 pines configurables

- Interfaces: UART, SPI, I2C, PWM, ADC, DAC
- Consumo de energía: modo normal ( 160 mA), modo deep sleep ( 10  $\mu$ A)
- Seguridad: cifrado AES, RSA y SHA

#### *Puente H L298*

- Voltaje de operación: 5V – 35V
- Corriente máxima por canal: 2A
- Potencia de salida máxima: 25W
- Número de canales: 2 (puede controlar dos motores DC o un motor paso a paso)
- Entradas de control: lógica TTL (0V - 5V)
- Protección térmica y diodos de protección para picos de voltaje
- Compatible con microcontroladores como Arduino y ESP32

#### *Sensores Infrarrojos (Ejemplo: KY-033 - Seguidor de Línea)*

- Voltaje de operación: 3.3V - 5V
- Rango de detección: 2-30 mm
- Tipo de sensor: Reflexión de infrarrojos
- Señal de salida: Digital (detección de objeto: HIGH/LOW)
- Longitud de onda del LED infrarrojo: 940 nm
- Ajuste de sensibilidad mediante potenciómetro

#### *Sensor Ultrasónico HC-SR04*

- Voltaje de operación: 5V
- Corriente de operación: 15mA
- Rango de detección: 2 cm - 400 cm
- Precisión:  $\pm 3$  mm
- Ángulo de detección: 15°
- Señales de entrada/salida: Trigger (entrada), Echo (salida)
- Tiempo de respuesta: 38 ms para 4 metros

#### *Regulador de Voltaje 78L05*

- Voltaje de entrada: 7V – 35V
- Voltaje de salida: 5V  $\pm 5$  %
- Corriente de salida: hasta 100 mA
- Protección contra sobrecarga térmica y cortocircuitos
- Tipo de encapsulado: TO-92, SOT-89, u otros formatos pequeños

- Regulación de voltaje: 5V estable para circuitos de baja potencia

#### *IV-C. Generación del Concepto*

- **Interacción humana:** La tarjeta permite la integración de sensores y módulos de comunicación que facilitan la interacción con las personas a través de gestos y voz.
- **Adaptabilidad:** La plataforma ESP32 facilita la actualización de firmware y la integración de nuevos módulos, permitiendo la adaptación del robot a distintos entornos.
- **Seguridad:** La tarjeta incluye protecciones electrónicas y optimización de potencia para evitar fallos durante la operación.
- **Sensibilidad emocional:** Mediante sensores y algoritmos de procesamiento de datos, los robots pueden reconocer y responder a emociones humanas.

#### *IV-D. Selección del Concepto del Producto*

Se tomaron en cuenta las siguientes características para el diseño de la tarjeta de desarrollo:

- **Conectividad:** Comunicación WiFi y Bluetooth
- **Protección Eléctrica:** Incorporación de diodos de protección para evitar sobrecargas y cortocircuitos en el sistema.
- **Diseño Compacto:** Dimensiones 10x17 cm reducidas y optimizadas para montaje en el chasis del robot sin afectar su movilidad.
- **Eficiencia Energética:** Optimización de rutas de alimentación y distribución de corriente para minimizar pérdidas y mejorar el rendimiento general.

#### *IV-E. Especificaciones de Diseño de PCB*

- **Dimensiones de la PCB:** 10 cm  $\times$  17 cm
- **Número de capas:** 2 capas
- **Material del sustrato:** FR4
- **Espesor total de la PCB:** 0.5 mm
- **Espesor de cobre:** 1 Oz (35  $\mu$ m)
- **Ancho mínimo de pista:** 0.5 mm
- **Separación mínima entre pistas:** 0.5 mm
- **Protección contra sobrecorriente:** Plano de tierra

- **Regulación de voltaje:** Regulador 7805 para los puentes H y regulador interno del ESP32
- **Conectores:** Conector Molex
- **Indicadores visuales:** LEDs rojo y verde para indicar el sentido
- **Montaje:** Through Hole

## V. RESULTADOS

El ESP32 Dev Kit es el microcontrolador principal de la tarjeta de desarrollo, encargado de gestionar las señales de entrada y salida para los puentes H.

Cuenta con un programa precargado en su memoria, el cual procesa la información. (Figura 6).

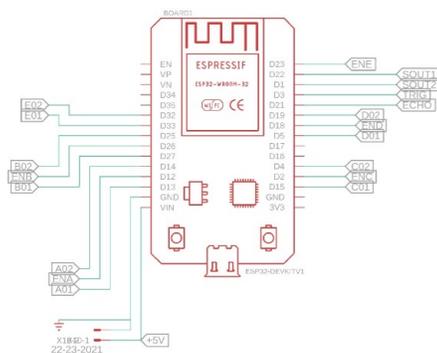


Figura 6. Esquemático Control

Cada placa de control de motores ofrece versatilidad para su implementación en pequeños vehículos, robots y proyectos de IoT, gracias al módulo Wi-Fi/Bluetooth integrado en el ESP32. Esta capacidad de conectividad permite la interacción con otros dispositivos, ampliando las funcionalidades del sistema y facilitando la creación de arquitecturas más grandes, escalables e inalámbricas.

Desde el punto de vista electrónico, el ESP32, al ser un microcontrolador, requiere una alimentación de 5V para su correcto funcionamiento en tareas de procesamiento y control. (Figura 6).

Se han utilizado todos los pines disponibles conforme al datasheet, asegurando una correcta conexión de los dispositivos asociados (puentes H, sensores). Además, se han dejado libres los pines reservados que no pueden actuar como salida o que

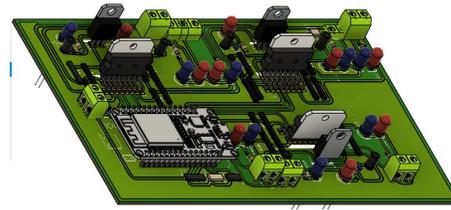


Figura 7. Modelo 3D de la Tarjeta de Desarrollo

deben permanecer desconectados para garantizar el correcto desempeño del sistema. (Figura 7).



Figura 8. Modelo Físico de la Tarjeta de Desarrollo

Los puentes H son arreglos de transistores que permiten el control de motores de corriente directa, tanto en su sentido de giro como en su velocidad y torque, mediante modulación por ancho de pulso (PWM). Este circuito requiere tres señales para su funcionamiento: una señal de habilitación (enable) que activa el sistema y una señal PWM en cada canal para determinar el sentido de giro.

Al enviar distintas señales PWM, es posible regular la velocidad y dirección del motor según las necesidades de la aplicación.

El puente H cuenta con una alimentación externa independiente del microcontrolador para evitar daños en la parte lógica debido a picos de corriente abruptos. Para proteger y estabilizar la señal, se emplea un puente de diodos que permite la rectificación y capacitores que filtran los pequeños rizados de la señal, garantizando una alimentación limpia para la lógica del circuito. Como se indica en la (Figura 9).

Para mantener un voltaje estable en los transistores del puente H, se ha incorporado un regulador de

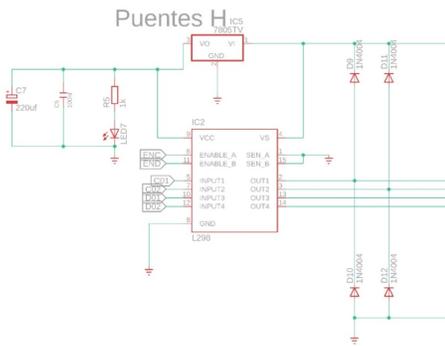


Figura 9. Esquemático Puentes H

voltaje 78L05, asegurando un suministro constante cuando el circuito reciba una señal PWM proveniente del microcontrolador.

Finalmente, las salidas hacia los motores incluyen LEDs indicadores:

- LEDs en la entrada de alimentación y el regulador de voltaje, que permiten verificar visualmente el correcto funcionamiento del sistema.
- LEDs indicadores de dirección de giro, que muestran el estado de las salidas y confirman que ambas están habilitadas.

El diseño implementado incorpora dos sensores infrarrojos y un sensor ultrasónico, los cuales desempeñan un papel clave en la movilidad del robot. Este sistema sensorial permite la detección de obstáculos en el entorno, proporcionando datos esenciales para el procesamiento en el microcontrolador.

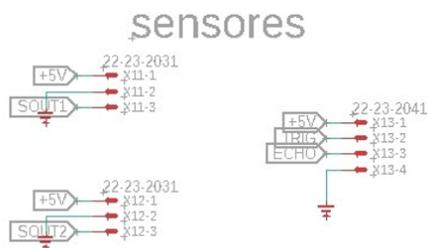


Figura 10. Esquemático Sensores

Con base en la información recopilada, el microcontrolador ejecuta algoritmos de control de navegación, activando los puentes H para modificar la trayectoria del robot. Esto permite la implementación de maniobras como retroceso, giro a la derecha, giro a la izquierda y avance. Adicionalmente, los sensores infrarrojos optimizan la detección de proximidad y el mapeo del espacio, facilitando la delimitación del área operativa y asegurando un desplazamiento controlado dentro de la trayectoria predefinida.

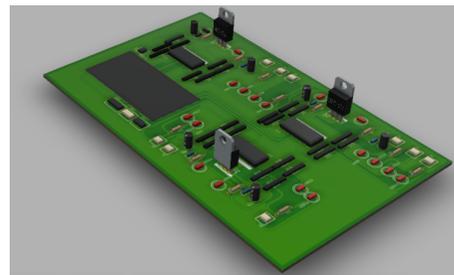


Figura 11. Diseño 3D Tarjeta de Desarrollo

## VI. CONCLUSIONES

La implementación de la tarjeta de desarrollo basada en ESP32 representa un avance significativo en el diseño y construcción de robots sociales móviles. Su integración optimiza la gestión de energía, facilita la comunicación entre sensores y actuadores, y simplifica la conexión de los sistemas de locomoción, permitiendo que los desarrolladores se enfoquen en mejorar otras áreas clave del robot, como la interacción humano-robot, el procesamiento de datos y el aprendizaje adaptativo.

Uno de los principales beneficios de esta solución es la reducción del tiempo de integración de hardware, ya que elimina la necesidad de utilizar múltiples tarjetas y módulos con diferentes protocolos de comunicación. Esto no solo mejora la eficiencia del desarrollo, sino que también incrementa la confiabilidad y estabilidad del sistema, evitando problemas derivados del exceso de cableado o incompatibilidades entre componentes.

Además, el desarrollo de esta tarjeta de control optimiza la integración de hardware al eliminar

la necesidad de shields o módulos de adaptación, en contraste con las soluciones disponibles en el mercado. La gestión de locomoción y control de los robots, a través de esta tarjeta unificará todas las funciones en un solo sistema, lo que mejora la eficiencia y reduce la complejidad del diseño. Esta integración representa una oportunidad para optimizar el desarrollo de sistemas robóticos, también ayuda a sentar las bases para que otras universidades e instituciones puedan diseñar e implementar robots sociales de manera más sencilla y accesible. Al contar con una plataforma de hardware optimizada y de fácil implementación, se eliminan muchas de las barreras técnicas que suelen dificultar la experimentación en robótica social.

Cabe mencionar que, debido a los plazos de entrega de este artículo, se ha adelantado la presentación de esta parte del trabajo en desarrollo. Sin embargo, se continúa trabajando en la optimización del diseño, la validación de nuevas funciones y la implementación de algoritmos avanzados que permitan ampliar las capacidades de los robots sociales en futuras iteraciones.

Por lo tanto la propuesta de esta tarjeta de desarrollo acelera el proceso de creación de robots sociales móviles, optimiza los recursos de hardware y abre nuevas oportunidades para la investigación y el desarrollo en este campo. A medida que se implementen mejoras y se realicen pruebas adicionales, esta tecnología podrá ser utilizada en aplicaciones más complejas, promoviendo el avance de la robótica social y su impacto en la sociedad.

#### VII. TRABAJO A FUTURO

Se establecerá una plataforma DIY en la que todo el contenido relacionado con el desarrollo de esta tarjeta será de dominio público, permitiendo que más instituciones y grupos de investigación tengan acceso a ella.

Si bien el presente trabajo propone una solución de hardware basada en ESP32 orientada al control eficiente de robots móviles con fines sociales, se identifican varias áreas que requieren fortalecimiento en investigaciones futuras. En primer lugar, resulta indispensable incorporar una metodología experimental más rigurosa que permita validar

cuantitativamente las mejoras afirmadas en términos de eficiencia energética, precisión del control y robustez de la comunicación entre componentes. La inclusión de métricas claras y resultados reproducibles será fundamental para establecer comparaciones objetivas con soluciones existentes. Adicionalmente, se considera de gran relevancia extender las pruebas del sistema propuesto a escenarios sociales reales, en los que se evalúe el desempeño del robot en interacción con usuarios humanos. Este enfoque permitiría validar no sólo la funcionalidad técnica de la tarjeta, sino también su impacto en aplicaciones concretas de la robótica social, tales como asistencia en espacios educativos, museísticos o de atención al público. Finalmente, se sugiere explorar la integración de módulos de aprendizaje automático embebido, así como el desarrollo de protocolos de comunicación más avanzados, que potencien la autonomía y adaptabilidad del sistema ante contextos dinámicos.

#### VIII. AGRADECIMIENTOS

A la División de Ingeniería Mecánica e Industrial que por medio del Dr. Víctor Javier González Villela ha permitido el uso de sus espacios para desarrollar el proyecto.

Esta investigación contó con apoyo parcial de los proyectos PAPIIT IT103025 y PAPIME PE110923, financiados por la UNAM a través de la DGAPA.

Expresamos nuestro agradecimiento a la Facultad de Estudios Superiores Aragón de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por el respaldo institucional otorgado durante el desarrollo del presente trabajo. Se reconoce de manera particular el valioso apoyo del Ing. Joel García Zárraga, Jefe de la Carrera de Ingeniería Eléctrica Electrónica, por su compromiso con la formación académica y el impulso a iniciativas de desarrollo tecnológico. Agradecemos la colaboración de los profesores Ing. Fernando Xavier Vázquez Martínez y la Ing. Karina Martínez Romero, cuyas contribuciones y orientación técnica fueron fundamentales para la consolidación de esta investigación.

#### REFERENCIAS

- [1] “Qu&xE9; es la rob&xF3;tica y cu&xE1;les son sus principales usos - Universidad ORT

- Uruguay — fi.ort.edu.uy,” <https://fi.ort.edu.uy/blog/que-es-la-robotica-y-cuales-son-sus-usos>, [Accessed 20-02-2025].
- [2] A. Francis, C. Pérez-D’Arpino, C. Li, F. Xia, A. Alahi, R. Alami, A. Bera, A. Biswas, J. Biswas, R. Chandra, H.-T. L. Chiang, M. Everett, S. Ha, J. Hart, J. P. How, H. Karnan, T.-W. E. Lee, L. J. Manso, R. Mirksy, S. Pirk, P. T. Singamaneni, P. Stone, A. V. Taylor, P. Trautman, N. Tsoi, M. Vázquez, X. Xiao, P. Xu, N. Yokoyama, A. Toshev, and R. Martín-Martín, “Principles and guidelines for evaluating social robot navigation algorithms,” *arxiv.org*, 6 2023. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2306.16740>
  - [3] J. Yang, C. Vindolet, J. R. G. Olvera, and G. Cheng, “On the impact of robot personalization on human-robot interaction: A review,” *arxiv.org*, 1 2024. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2401.11776>
  - [4] M. Dietrich and J. Pohle, “Robot design for social intervenability,” in *ACM International Conference Proceeding Series*. Association for Computing Machinery, 10 2024.
  - [5] P. Foggia, A. Greco, A. Roberto, A. Saggese, and M. Vento, “A social robot architecture for personalized real-time human-robot interaction,” *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 10, pp. 22 427–22 439, 12 2023.
  - [6] “Robótica social: en busca del lado más humano — www2.cruzroja.es,” <https://www2.cruzroja.es/web/ahora/robotica-social>, [Accessed 19-02-2025].
  - [7] Creative Science, “How to make a robot,” <https://www.instructables.com/How-to-Make-a-Robot-2/>, accedido: 2025-02-19.
  - [8] S. Narasimhan, “Ieee international conference on robotics and automation.”
  - [9] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, *Product Design and Development*, 4th ed. McGraw-Hill, 2008.