

Interacción Humano-Robot mediante Inteligencia Artificial Human-Robot Interaction via Artificial Intelligence

José Luis Hernández Ameca¹, Carlos Armando Ríos Acevedo¹, Carlos Zamora Lima¹, Gerardo Martínez García¹, Ethan Zúñiga Neponuceno¹

¹ Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria, Edif. CC03-205 Laboratorio de Sistemas Robóticos "SIRO", 14 sur y Ave. Sn. Claudio, Fraccionamiento Jardines de Sn. Manuel, C.P. 72570 Puebla, Pue. México
joseluis.hdameca@correo.buap.mx, carlos.rios@correo.buap.mx, carlos.zamorali@correo.buap.mx, gerardo.martinezga@alumno.buap.mx, ethan.zuniga@alumno.buap.mx

Fecha de recepción: 26 de septiembre de 2025

Fecha de aceptación: 10 de marzo de 2026

Resumen. Este trabajo presenta el desarrollo de un robot social basado en la leyenda mexicana del Charro Negro, diseñado específicamente para interactuar durante celebraciones del Día de Muertos en un evento de divulgación científica. El proyecto se desarrolló siguiendo la metodología del modelo evolutivo con prototipos, integrando tecnologías avanzadas como impresión tridimensional (3D) e inteligencia artificial (IA) para el procesamiento del lenguaje natural. El diseño combinó elementos tradicionales con conversación contextual y movimientos adaptados. Una encuesta de satisfacción aplicada a los participantes tras la interacción arrojó resultados muy positivos, demostrando la viabilidad de crear interfaces robóticas culturalmente relevantes que establecen conexiones significativas, fusionando ciencia, tecnología, entretenimiento y cultura.

Palabras Clave: Robot social, interacción humano-robot, inteligencia artificial, tradición mexicana, cultura.

Summary. This paper presents the development of a social robot inspired by the Mexican legend of El Charro Negro, specifically designed to interact during Día de Muertos celebrations at a science outreach event. The project was developed following the evolutionary model with prototypes, integrating advanced technologies such as three-dimensional (3D) printing and artificial intelligence (AI) for natural language processing. The design combined traditional elements with contextual conversation and adaptive movements. A satisfaction survey conducted with participants after the interaction yielded highly positive results, demonstrating the feasibility of creating culturally relevant robotic interfaces that establish meaningful connections by merging science, technology, entertainment, and culture.

Keywords: Social robot, human-robot interaction, artificial intelligence, Mexican tradition, culture.

1 Introducción

El desarrollo emocional en niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) representa un reto educativo y la robótica no sólo despierta el interés de estudiantes a las áreas de la ciencia, tecnología, matemáticas e ingeniería, sino que también promueven el desarrollo de competencias como el trabajo en equipo, pensamiento crítico, creatividad y búsqueda de soluciones [1]. Estas habilidades son cruciales hoy en día no sólo para el ambiente académico sino profesional [2]. Por ello es importante acercar a estudiantes y al público en general a la robótica, con el fin de despertar su interés.

Bajo ese contexto, diversas instituciones promueven y organizan eventos de divulgación científica y concursos o talleres de robótica, creando espacios donde los participantes pueden demostrar sus conocimientos y habilidades mediante el desarrollo de robots y animatrónicos [3].

La presentación de estos robots no sólo motiva a estudiantes a explorar esta área multidisciplinaria, sino que también atrae al público en general [4]. Además, cuando estos eventos se combinan con elementos culturales, el público demuestra una mayor aceptación e interés [5].

Este artículo presenta el desarrollo de un robot social llamado, "El Charro Negro" construido originalmente para participar en un evento de divulgación científica con temática de cultura mexicana. El

proyecto une la leyenda popular del mismo nombre con tecnología contemporánea y busca transmitir elementos de la cultura mexicana a través de la interacción con el público.

2 Estado del arte

Un robot social es un robot diseñado para interactuar y comunicarse con personas, siguiendo comportamientos sociales [6]. Diferentes investigaciones han creado diferentes robots sociales para diferentes propósitos, como lo es AMIGUS [7] creado como apoyo para mantener la salud mental ante estudiantes que se sienten solos, o también IVO [8] que asiste a personas a realizar diferentes tareas.

El estudio de CleverNAO [9] utiliza un robot NAO para incorporarle comunicación verbal a través de programación con una API de texto a voz y voz a texto, además de dotarle con la capacidad de procesar lenguaje natural con el uso de una inteligencia artificial llamada “Cleverbot” desarrollada por la compañía Existor.

Hoy en día, el avance de las inteligencias artificiales ha crecido a tal punto de ser capaces de simular diálogos humanos [10], superando por mucho la capacidad de Cleverbot para mantener conversaciones coherentes. La investigación realizada por [11] han demostrado la capacidad de las IAs generativas para interpretar personajes con emociones, comportamientos y saberes diferentes, con el fin de interactuar con el jugador a través de conversaciones. La implementación de alguna de estas IA en un robot lo dotaría de una personalidad que utilizaría para conversar con personas de forma natural.

La interacción humano-robot (HRI por sus siglas en inglés) es el estudio interdisciplinario de la interacción entre humanos y robots [12]. El estudio de [5] señala que, en los entornos educativos, los robots deben ser culturalmente responsivos, es decir, que incorporen elementos culturales significativos, con el fin de mejorar la aceptación e interés al público, y así para mejorar la interacción humano-robot. Además, el estudio de [13] observó que al incluir prácticas culturales a un curso de arte, IA y robótica orientado a culturas urbanas incrementó la participación y compromiso estudiantil.

Las leyendas son parte del patrimonio cultural de México. Integrar este elemento en el diseño de un robot se traduciría en que este reciba una mejor aceptación y sea de mayor relevancia para el público mexicano. Para este proyecto, se escogió particularmente la leyenda de “El Charro Negro” [14] como base de la caracterización y diseño del robot. La incorporación de la inteligencia artificial permitiría al robot actuar como el protagonista de dicha leyenda y la integración de la comunicación verbal complementaría lo anterior ofreciendo una experiencia más inmersiva y personal con el público. Todo lo anterior sumado, espera enriquecer la experiencia de la interacción humano-robot para así lograr acercar a todo público a temas de ciencia y tecnología usando elementos culturalmente familiares.

3 Metodología

El desarrollo del robot social “El Charro Negro” se implementó mediante una metodología de 3 etapas: preparación, construcción y despliegue.

3.1 Preparación

En esta etapa inicial, se definieron los objetivos generales y establecieron los requisitos básicos. Se identificaron las siguientes prioridades:

- Interacción social: El robot debió ser capaz de mantener conversaciones fluidas y contextuales, utilizando inteligencia artificial y sistemas de reconocimiento y síntesis de voz.
- Movimientos articulados: Se requirió la implementación de servomotores para realizar movimientos que complementaran la interacción verbal.
- Diseño cultural: El robot debió integrar elementos visuales y narrativos basados en la leyenda de “El Charro Negro”, asegurando su relevancia cultural y atractivo para el público.

En base a lo anterior, se propusieron, analizaron y seleccionaron los principales recursos tecnológicos que se usarían para la elaboración y funcionamiento del robot:

- Computadora Monoplaca Raspberry Pi 2B: Controlador central para manejar salida y entrada de audio, conexión a internet y control de servomotores.
- Modelo de IA generativa Gemini Flash 1.5. Servicio en línea accesible a través de la programación con la integración de su API. Se optó por esta ya que ofrece un uso gratuito, aunque limitado.
- Servicio speech de Microsoft Azure. Brinda los servicios en línea de síntesis y reconocimiento de voz, usados para la comunicación verbal con el robot.
- Múltiples servomotores. Estos formaron las articulaciones del robot y fueron controlados con ayuda de una placa controladora PCA9685.
- Python como lenguaje de programación principal. Se utilizaron librerías de control de audio accesibles: wave, sounddevice, numpy y pydub. Para realizar peticiones a los servicios en línea se utilizó la librería requests y json. Para controlar los servomotores se utilizó RPi y adafruit_servokit.

En la figura 1, se muestra la arquitectura y conexiones de los recursos tecnológicos utilizados, mediante flechas se expresa las entradas y salidas de los datos. La integración de todas estas tecnologías dotó al robot de la capacidad de funcionar de manera independiente.

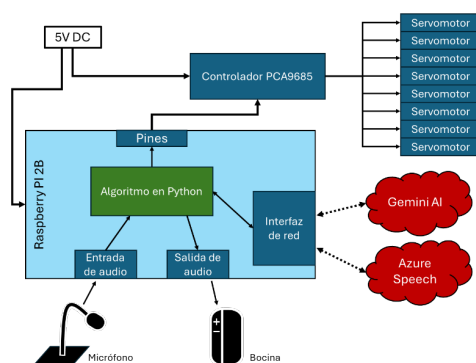


Figura 1. Esquema de la arquitectura y conexiones de las tecnologías utilizadas.

3.2 Construcción

En esta etapa, se llevó a cabo el diseño y modelado de los principales componentes del robot social, considerando tanto los aspectos técnicos como los culturales. El proceso se dividió en tres áreas clave: El diseño físico y estructural, el diseño de la interacción y la implementación del algoritmo.

3.2.1 Diseño físico y estructural

El diseño físico del robot se realizó utilizando el software Blender. Gracias a este, fue posible crear un modelo 3D detallado y modular. En la figura 2, se muestra el diseño del torso, cabeza y ambos brazos, que permitieron darle una apariencia esquelética inspirada en la leyenda del Charro Negro.

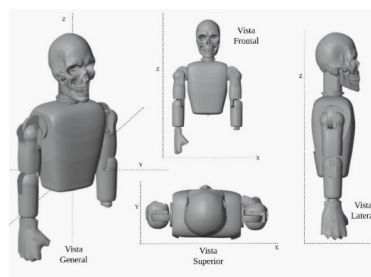


Figura 2. Modelado 3D en Blender del robot (elaboración propia).

Al diseñar el modelo, fue indispensable considerar la integración de los componentes electrónicos, así como el diseño de cada articulación como una pieza diferente, para permitir el libre movimiento a cada una. Además del diseño 3D, se caracterizó al robot con un traje de charro.

Para lograr los movimientos articulados, en la placa Raspberry Pi se programó un sistema que permitiese realizar los movimientos de las articulaciones del robot a través del cambio del ángulo de rotación de los servomotores conectados. Un conjunto de cambios de ángulos de diferentes servomotores ejecutados de forma secuencial conforma una animación, la cual se reproduciría al mismo tiempo que el robot habla.

3.2.2 Flujo de interacción

Se diseñó un algoritmo que representaría el flujo esperado de una interacción del usuario con el robot. La interacción esperada es que “El Charro Negro” ofrezca un trato al usuario que este decidirá si aceptar o no. Esta interacción está inspirada directamente de la leyenda. Este consta de los siguientes pasos:

- Inicio: El usuario presiona un botón que inicia el sistema. “El Charro Negro” se presenta, saluda al usuario y le solicita su nombre y profesión.
- Captura: El usuario responde verbalmente, proporcionando su nombre y profesión. El sistema de reconocimiento de voz captura el audio y lo convierte en texto.
- Generación de respuesta: El texto se procesa mediante la inteligencia artificial, la cual genera una respuesta según el contexto. El robot utiliza el nombre del usuario y su profesión para responder de forma personalizada ofreciéndole un "trato" o propuesta.
- Respuesta del usuario: El usuario puede aceptar o rechazar el trato. Dependiendo de la situación, el robot continúa la conversación ciclándose o finaliza la interacción.

3.2.3 Implementación del algoritmo

Inicialmente, se implementó el funcionamiento como el establecido en el flujo de interacción en un programa en lenguaje de programación Python. El proceso de generar una respuesta personalizada implica enviar una petición al servicio de Gemini para procesar la respuesta del usuario. Los procesos de sintetizar el texto en voz y de reconocer la voz a texto usan el servicio en línea de Azure, por lo que también requiere realizar una petición al servicio. En especial, los servicios de Azure generan costos por cada petición según su tamaño, por lo que, para reducir costos en la síntesis de voz, se sintetizaron previamente respuestas predefinidas que fueron clasificadas bajo diferentes categorías. En la figura 3, se muestra el diagrama de flujo del algoritmo: en función de la respuesta del usuario, la Inteligencia Artificial identifica la categoría para reproducir una de estas respuestas en lugar de sintetizarla nuevamente. Adicionalmente, se limitó la cantidad de respuestas que puede dar el robot en una sola conversación. La política del manejo de los datos de la voz para su reconocimiento está especificada en la página oficial de los servicios de Microsoft Azure, bajo la categoría de “*Batch Transcription*” [15]: las grabaciones de voz son efectuadas localmente para un único uso, sin retención.

Además, el programa ejecuta secuencias de movimiento que los servomotores efectúan sincronizándose con la reproducción de la voz sintetizada.

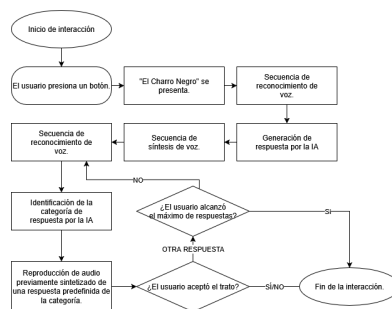


Figura 3. Diagrama de flujo el algoritmo final (elaboración propia).

3.3 Despliegue

El prototipo armado y programado del robot "El Charro Negro" fue presentado en dos eventos de divulgación científica. Estas presentaciones no solo permitieron evaluar el funcionamiento técnico del robot, sino también observar y analizar las reacciones del público ante su interacción con el prototipo.

Para evaluar el impacto generado sobre el público y la interacción humano-robot, se realizó una encuesta de satisfacción en escala de Likert. Los participantes que interactuaron con el robot dieron su evaluación personal referente a diferentes aspectos del robot, dándoles un puntaje del 1 al 5 para cada uno, siendo el 1 el puntaje más bajo y el 5 el más alto. Las preguntas realizadas fueron:

1. ¿Qué tan atractivo le pareció el robot?
2. ¿Qué tan fluidas percibió las conversaciones con el robot?
3. ¿Qué tan personalizadas y coherentes le han parecido las respuestas del robot?
4. ¿Qué tan atractiva le pareció la escenografía?
5. ¿Cuánto interés y/o entusiasmo le generó al interactuar con el robot?

Posteriormente, se calculó la correlación de Spearman para observar qué aspectos fueron los que más influyeron en interés y entusiasmo de los encuestados.

4 Resultados

Durante los eventos, el robot fue presentado en un *stand* donde los asistentes pudieron interactuar con él. En la figura 4, se muestra una fotografía del robot en exposición de uno de los eventos de divulgación científica. Asistieron a cada evento aproximadamente 400 personas de entre 15 y 70 años, entre los que se incluían padres de familia, estudiantes y profesionistas de diferentes áreas de conocimiento. Sin embargo, de los que interactuaron con "El Charro Negro", sólo 25 se ofrecieron a responder la encuesta.



Figura 4. El robot "El Charro Negro" siendo presentado en el *stand* (fotografía propia).

En la Tabla 1, se muestran los datos recopilados a través del cuestionario. Esta tabla muestra la distribución de las respuestas de los participantes y la puntuación media obtenida, para cada aspecto del robot

evaluado, así como los coeficientes de Spearman, mostrando con qué fuerza afectó cada aspecto en el interés y entusiasmo generado en el público, donde 0 es nada y 1 es por completo.

Tabla 1. Resultados de la evaluación de cada aspecto y su coeficiente de Spearman (C. S.).

Aspecto Evaluado	1	2	3	4	5	Media	C. S.
Atractivo Visual del Robot	0	1	3	10	11	4.24	0.56
Fluidez de la Conversación	0	1	12	6	6	3.68	0.22
Personalización de las Respuestas	1	2	5	8	9	3.88	0.39
Diseño y Escenografía	0	2	3	8	12	4.20	0.40
Interés/Entusiasmo Generado	0	0	2	9	14	4.48	

Como se observa en la Tabla 1, las puntuaciones medias para la mayoría de los aspectos fueron notablemente altas (superiores a 4.0 en una escala de 5 puntos), indicando una recepción muy positiva por parte de los participantes.

Como el funcionamiento del algoritmo depende de conexión a Internet para comunicarse con los servicios de Azure y Gemini, y en los eventos no se contó con una conexión lo suficientemente rápida y estable, se notaron latencias significativas de 7 a 15 segundos entre cada respuesta durante las interacciones. Esto se ve reflejado en el bajo puntaje obtenido en el aspecto de Fluidez de la conversación. No obstante, esto no pareció afectar demasiado el interés generado en el público como lo muestra su coeficiente de Spearman de 0.22 para ese aspecto, sugiriendo que al público no le tomó demasiada importancia a este defecto.

Las altas puntuaciones del atractivo del robot y de la escenografía junto con sus coeficientes de Spearman de 0.56 y 0.40 respectivamente, sugieren que estos aspectos fueron los que más entusiasmaron e interesaron al público. Esto viene acompañado de comentarios realizados por los participantes, pues algunos de ellos mencionaron que el diseño del robot junto con la escenografía se sentía realista.

Así también, se observó que muchos participantes reaccionaron con asombro y desconcierto cuando el robot respondía coherentemente a comentarios o preguntas específicas o cuando hacía “tratos” personalizados en base a la profesión del usuario.

5 Conclusiones

A partir de los resultados de la encuesta y los comentarios recibidos, se demuestra que el robot social “El Charro Negro” generó una experiencia positiva y relevante para el público. Esto se refleja en los altos puntajes del interés y entusiasmo generado. Los coeficientes de Spearman señalan que este entusiasmo fue principalmente generado por la apariencia del robot y su escenografía, que incorporan elementos culturales tradicionales, inspirados en la leyenda del “Charro Negro”. Lo cual evidencia que la incorporación de elementos culturales en la robótica resulta una estrategia efectiva para atraer la atención del público. Además, la interacción con el robot mediante lenguaje natural de forma verbal generó emociones a los participantes que interactuaron, mejorando así la experiencia y el interés.

Los puntos mencionados anteriormente respaldan la idea de que la combinación de la robótica y cultura puede ser una herramienta poderosa para fines de divulgación científica y acercamiento del público a la ciencia y la tecnología.

Sin embargo, el alcance de este estudio está muy limitado debido a las capacidades del hardware utilizado y el pequeño tamaño de la muestra analizada.

Para futuros trabajos, se podría disminuir la dependencia de servicios en línea, utilizando modelos de síntesis y reconocimiento de voz locales, para lo cual se requeriría de hardware más potente, o distribuir el procesamiento a otros dispositivos.

Es posible aumentar la rigurosidad del estudio ampliando la cantidad de personas encuestadas y recopilar datos demográficos de los participantes. Así mismo, sería útil aplicar elementos culturales más específicos a otros robots para comparar los resultados de las evaluaciones a sus interacciones humano-robot entre poblaciones que acepten dichos elementos y otras que sean ajenas a ella.

Referencias

- [1] Freitas, E. J. de R., Guimarães, M. P., Ramos, J. V., & Silva, C. D. da, Jr. (2023). A robotics club in high school: An experience report. In 2023 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2023 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), and 2023 Workshop on Robotics in Education (WRE) (pp. 683–688). IEEE. <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332926>
- [2] Konrad, T., Wiek, A., & Barth, M. (2020). Embracing conflicts for interpersonal competence development in project-based sustainability courses. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(1), 76–96. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-06-2019-0190>
- [3] Silva, M. F., Dias, A., Guedes, P., Barbosa, R., Estrela, J., Moura, A., & Cerqueira, V. (2025). An educational robotics competition – The Robotics@ISEP Open experience. In 2025 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC) (pp. 185–191). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICARSC65809.2025.10970152>
- [4] Pang, W., Wong, C., & Seet, G. (2018). Exploring the use of robots for museum settings and for learning heritage languages and cultures at the Chinese Heritage Centre. *Presence*, 26(4), 420–435. https://doi.org/10.1162/PRES_a_00306
- [5] Louie, B., Björling, E. A., Kuo, A. C., & Alves-Oliveira, P. (2022). Designing for culturally responsive social robots: An application of a participatory framework. *Frontiers in Robotics and AI*, 9, Article 983408. <https://doi.org/10.3389/frobt.2022.983408>
- [6] Pérez Vidal, A. J., Castro-González, Á., Alonso Martín, F., Castillo, J. C., & Salichs, M. Á. (2017). Evolución de la robótica social y nuevas tendencias. In *Actas de las XXXVIII Jornadas de Automática* (pp. 836–843). Servizo de Publicacións, Universidade da Coruña. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497749.0836>
- [7] Espinoza, C., Alamo, A., & Ruez, R. (2022). AMIGUS: A robot companion for students. In 2022 17th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) (pp. 669–673). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HRI53351.2022.9889494>
- [8] Laplaza, J., Pascual-Leone, A., Cañamero, L., Canseco, E., García-Soler, Á., & Salichs, M. A. (2022). IVO Robot: A new social robot for human-robot collaboration. In 2022 17th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) (pp. 860–864). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HRI53351.2022.9889458>
- [9] Serrano, J., Gonzalez, F., & Zalewski, J. (2015). CleverNAO: The intelligent conversational humanoid robot. In 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS) (Vol. 2, pp. 887–892). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IDAACS.2015.7341431>
- [10] Obrenovic, B., Gu, X., Wang, G., Godinic, D., & Jakhongirov, I. (2024). Generative AI and human-robot interaction: implications and future agenda for business, society and ethics. *AI & SOCIETY*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00146-024-01889-0>
- [11] Marincioni, A., Miltiadous, M., Zacharia, K., Heemskerk, R., Doukeris, G., Preuss, M., & Barbero, G. (2024). The effect of LLM-based NPC emotional states on player emotions: An analysis of interactive game play. In 2024 IEEE Conference on Games (CoG). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CoG60054.2024.10645631>
- [12] Feil-Seifer, D., & Mataric, M. J. (2009). Human-Robot Interaction. In R. A. Meyers (Ed.), *Encyclopedia of Complexity and Systems Science* (pp. 4643–4661). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30440-3_274
- [13] Gaskins, N. R. (2024). Art, AI and Robotics: A new pathway for youth to voice and identity. *VUE (Voices in Urban Education)*, 52(2). <https://doi.org/10.35240/vue.74>
- [14] Pitalúa Cobos, P. C. (n.d.). *Leyendas de Orizaba y la región*. Didactika impresores.
- [15] Microsoft. (2025, 24 de junio). Data and Privacy for Speech to text. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-foundry/responsible-ai/speech-service/speech-to-text/data-privacy-security>