

## Sistema de memoria episódica y creativa para mejorar la naturalidad de robots sociales y el vínculo con sus usuarios

Sofía Álvarez-Arias <sup>a,1</sup>, Marcos Maroto-Gómez <sup>a</sup>, Arecia Segura-Bencomo <sup>a</sup>, Juan Rodríguez-Huelves <sup>a</sup>, María Malfaz <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad Carlos III de Madrid. Avenida de la Universidad, 30. 28911 Leganés, Madrid. España.

### Resumen

Este artículo presenta un Sistema de memoria para robots sociales compuesto por memoria episódica y creativa. El sistema utiliza modelos de procesamiento del lenguaje sin conexión a internet de baja carga computacional para personalizar la interacción humano-robot y mejorar la experiencia del usuario. El sistema permite que el robot Mini recuerde detalles de interacciones pasadas con los usuarios y responda a preguntas sobre experiencias previas. Proponemos como novedad el desarrollo de una memoria creativa para generar respuestas inesperadas que atraigan la atención del usuario durante períodos de inactividad y poca interacción. Mediante un caso de estudio, mostramos el funcionamiento del sistema y cómo su uso pretende mejorar la naturalidad de las interacciones, personalizar las respuestas del robot y fomentar la curiosidad del usuario. A pesar de las limitaciones computacionales y la falta de conectividad a internet en algunos entornos, el sistema funciona de manera eficiente en entornos con recursos limitados, aunque se observó que la efectividad de la memoria creativa disminuye con el tiempo si se activa en exceso.

*Palabras clave:* Sistemas robóticos autónomos, Etología robótica, Toma de decisiones y sistemas cognitivos, Interacción multimodal, Sistemas Adaptativos Complejos

### An Episodic and Creative Memory System to improve the Naturalness and Bonding between Social Robots and their users

#### Abstract

This paper presents a Memory System for social robots that combines episodic and creative memory. The system uses low computational load offline language processing models to personalise human-robot interaction and improve user experience. The system allows the Mini robot to recall details of past interactions with users and answer questions about previous experiences. We propose as a novelty the development of a creative memory to generate unexpected responses that attract the user's attention during periods of inactivity and low interaction. Through a case study, we show the system working and how its use is intended to improve the naturalness of interactions, personalise the robot's responses, and encourage user curiosity. Although Mini's computational limitations and lack of internet connectivity in some environments, the system works efficiently in resource-constrained environments. However, it was observed that the effectiveness of the creative memory decreases over time if it is over-activated.

*Keywords:* Autonomous robotic systems, Robot ethology, Decision making and cognitive processes, Multi-modal interaction, Complex Adaptive Systems

### 1. Introducción

Los robots sociales destinados a asistencia deben ofrecer a sus usuarios apoyo emocional y comunicativo mientras realizan sus tareas, utilizando distintos mecanismos de interacción, tales como el lenguaje verbal, los gestos y los movimientos corporales (Tapus et al., 2007). En los últimos años, la aparición de mo-

delos para el procesamiento del lenguaje natural ha impulsado nuevas líneas de investigación en la interacción humano-robot (Kim et al., 2024). Gracias a su capacidad para generar lenguaje de manera coherente y contextualizada, estos modelos facilitan la creación de sistemas capaces de adaptarse al contexto de la conversación teniendo en cuenta lo que ocurrió en interacciones

\*Sofía Álvarez-Arias: sofalvar@pa.uc3m.es  
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

Correos electrónicos: sofalvar@pa.uc3m.es (Sofía Álvarez-Arias ) , marmarot@ing.uc3m.es (Marcos Maroto-Gómez ) , arsegura@pa.uc3m.es (Arecia Segura-Bencomo ) , jrhue1ve@pa.uc3m.es (Juan Rodríguez-Huelves ) , mmalfaz@ing.uc3m.es (María Malfaz )

anteriores. Este desarrollo representa un avance significativo en la calidad de la experiencia del usuario (Wang et al., 2024), ya que permite personalizar los diálogos y obtener interacciones más naturales, creativas y espontáneas, creando un vínculo más robusto con los usuarios.

El grupo de investigación RoboticsLab de la Universidad Carlos III de Madrid desarrolla robots sociales como Mini (Salichs et al., 2020). Este robot ofrece asistencia a personas mayores en su vida cotidiana. Los resultados obtenidos en trabajos anteriores (Maroto-Gómez et al., 2023, 2024) sugieren que los usuarios esperaban que Mini fuera capaz de recordar experiencias de interacciones anteriores para poder compartir vivencias y crear un vínculo con el robot. Además, los usuarios esperaban que Mini fuese más proactivo y tuviese una mayor actividad entre actividades. En resumen, los usuarios esperaban una mayor vivacidad y naturalidad del robot mostrando rasgos de comportamientos sociales como hacen las personas en sus relaciones.

La memoria episódica es un tipo de memoria a largo plazo que se procesa principalmente en el lóbulo temporal medial, donde se almacenan y recuperan experiencias pasadas (Tulving, 2002). Este tipo de memoria recuerda eventos pasados junto con información contextual sobre el *qué*, el *dónde* y el *cuándo*. En los últimos años, la memoria episódica ha ganado atención para personalizar la interacción humano-robot (García Contreras et al., 2025; Lee and Kim, 2018). Como muestra de ello, Bärmann et al. (2024) presentaron un sistema para almacenar información a largo plazo y responder consultas del usuario sobre eventos pasados. Estructuraron la memoria en un árbol de historia con cinco niveles: experiencia real, gráfico de escena, eventos, metas y resúmenes. De esta manera, la búsqueda de la información se vuelve más accesible cuando el robot necesita obtener una memoria específica.

Aunque en el cerebro humano no existe una memoria creativa diferenciada, la creatividad se ve facilitada por la capacidad de recombinar y reinterpretar recuerdos episódicos, permitiendo generar ideas nuevas e inesperadas (Gervert et al., 2023). En el caso de robots sociales, la integración y combinación de estas funciones cognitivas ha facilitado la implementación de comportamientos creativos en tareas colaborativas. En estas tareas, el robot puede generar nuevas ideas y contribuir de manera original al proceso creativo como por ejemplo la realización de manualidades (Ali et al., 2021).

Teniendo en cuenta los resultados positivos que ha proporcionado el compartir recuerdos y usar imaginación para promover la interacción humano-robot, este artículo presenta el diseño e implementación de un *Sistema de memoria episódica y creativa* para el robot social Mini (Salichs et al., 2020). Este desarrollo tiene como objetivo promover una interacción personalizada y creativa que estimule la interacción y el vínculo entre el usuario y el robot. El sistema utiliza datos de percepción (visión y audio) y de la propia interacción (como la valoración del usuario o el momento en que tuvo lugar una actividad) para generar recuerdos que se encuentran almacenados en la memoria del robot. Estos recuerdos permiten al robot conocer sus propias capacidades y los gustos de cada usuario para llamar su atención y mejorar su experiencia. El robot genera interacciones personalizadas de forma proactiva e imaginativa utilizando modelos de generación de lenguaje natural para favorecer

una interacción más natural y permitir crear un vínculo con el usuario. Los modelos del lenguaje utilizados utilizan la interfaz GPT4All (Anand et al., 2023), una herramienta que permite ejecutar modelos ligeros en ordenadores que no disponen de tarjeta gráfica, como ocurre en el robot Mini.

La sección 2 presenta al robot social Mini, plataforma de desarrollo para la que se ha diseñado el sistema propuesto. La sección 3 explica el funcionamiento del sistema, cómo sucede la generación de episodios y cómo se utilizan para generar nuevas experiencias de interacción. La sección 4 describe un caso de uso con el sistema en funcionamiento. La sección 5 muestra tanto las ventajas obtenidas con la integración de este sistema como sus limitaciones. Por último, la sección 6 plantea nuevos trabajos de investigación siguiendo la línea de este trabajo.

## 2. El robot social Mini

Mini (Salichs et al., 2020) es un robot social de sobremesa desarrollado por el grupo de investigación RoboticsLab de la Universidad Carlos III de Madrid. Su aplicación principal es la de asistir a personas mayores para mejorar su calidad de vida. Para ello, promueve la realización de actividades para reducir el impacto del deterioro físico y cognitivo que sufrimos con la edad.

La figura 1 muestra la arquitectura software del robot. Mini consta de seis módulos principales. El primero de ellos, el *Sistema de Percepción*, se encarga de obtener la información a través de los diferentes sensores disponibles en Mini (sensores de tacto, cámara y micrófono). Este módulo transmite la información percibida a los módulos que requieren de ella. El *Sistema Biológicamente Inspirado* simula procesos similares a los humanos para dotar al robot de un comportamiento más natural y expresivo. Estos procesos emulan funciones humanas como el sueño, la energía o el entretenimiento, regulando el comportamiento del robot mediante la ejecución de acciones específicas.

El *Sistema de Toma de Decisiones* selecciona las acciones más adecuadas en función de los estímulos percibidos, los recuerdos almacenados y los procesos internos. La elección de acciones se basa en el estado del robot, el cual refleja tanto condiciones internas como externas. Mediante algoritmos de aprendizaje por refuerzo se analizan las interacciones previas y el estado del robot para optimizar, con el tiempo, la selección de acciones. El *Gestor de Interacción Humano-Robot* está estrechamente relacionado con los módulos anteriores. Este componente garantiza una correcta interacción con el usuario, promoviendo una comunicación multimodal basada en voz, tacto y visión.

Finalmente, el *Gestor de Expresividad* controla la ejecución de expresiones mediante la modulación de los actuadores del robot. El objetivo de este gestor es comunicar eficazmente las intenciones y acciones del robot, facilitando así la comprensión por parte del usuario. Mini posee distintos actuadores para mostrar una expresividad natural. Una tableta interactiva para comunicación no verbal, altavoces para comunicación verbal, motores que permiten el movimiento de la base, cabeza, cuello y brazos, luces en mejillas, boca, corazón y cabeza y pantallas OLED para simular sus ojos.

Por último, el *Sistema de memoria* contiene la principal contribución de este trabajo. Este módulo simula las partes del

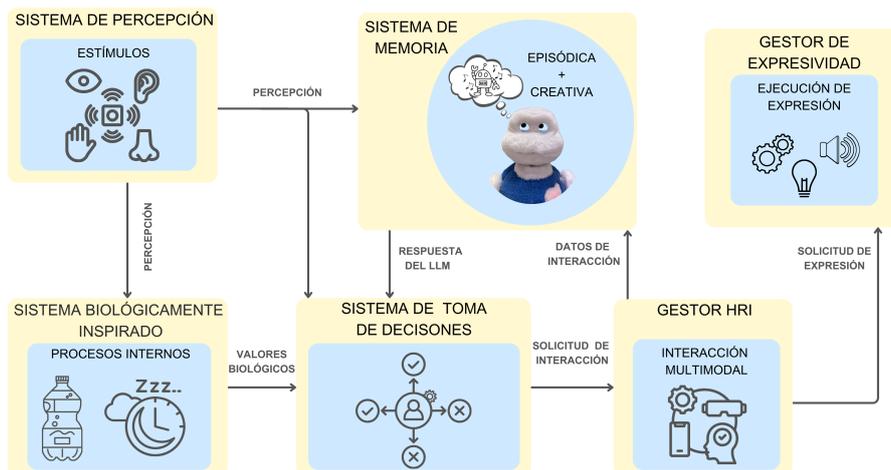


Figura 1: Representación de la arquitectura general del robot social Mini incluyendo la *memoria episódica y creativa* propuesta y su conexión con el sistema de toma de decisiones, el sistema de percepción y el gestor de interacción.

cerebro humano que contienen la memoria episódica y la memoria creativa. Este módulo recibe información del entorno desde el Sistema de Percepción y datos de interacción desde el Gestor de Interacción, para intercambiar información con el Sistema de Toma de Decisiones. Esto permite personalizar las actividades y conversaciones propuestas al usuario a través de experiencias pasadas. Además, el sistema genera respuestas creativas que pretenden llamar la atención y motivar al usuario a mantener una interacción con Mini.

### 3. Sistema de memoria

Esta sección describe el *Sistema de memoria* de Mini integrando la memoria episódica y la creativa usando modelos de procesamiento del lenguaje natural.

#### 3.1. Desarrollo

Tanto en Sistema Biológicamente Inspirado como el Sistema de Percepción proporcionan información al Sistema de Toma de Decisiones para reproducir de forma natural el proceso de toma de decisiones humanas. Esta información establece el contexto de la interacción y del estado interno del robot que condiciona su comportamiento. Mini adapta su comportamiento al usuario y al contexto en el que se encuentra.

Sin embargo, Mini no contaba con un *Sistema de memoria* que recuerde detalles específicos de experiencias pasadas. Esto limitaba la personalización de las interacciones y el desarrollo de un vínculo con sus usuario compartiendo vivencias comunes. Además, Mini está pensada para interactuar con un único usuario a la vez, teniendo periodos de inactividad cuando no tiene usuario cerca o actividades programadas. Este hecho requiere que el robot disponga de estrategias para enganchar al usuario en la interacción. Por lo tanto, con el fin de mejorar la proactividad del robot, su personalización de la interacción y generar interacciones más creativas que busquen atraer al usuario, se desarrolla el Sistema de memoria. EL sistema tiene como objetivo aportar naturalidad y fortalecer el vínculo emocional con el usuario y mejorando su implicación.

El sistema se basa en la librería de Python de GPT4All (Anand et al., 2023), una solución de código abierto que permite ejecutar modelos de procesamiento del lenguaje de gran tamaño en dispositivos con recursos limitados, sin necesidad de unidades gráficas. Para este desarrollo, se ha utilizado el modelo *Meta LLaMa 3*. Los recuerdos se estructuran en archivos de texto de tipo YAML, almacenando datos sobre la interacción y la percepción, respondiendo a las preguntas qué ocurrió, cuándo y dónde tuvo lugar. Esta información se recibe del Sistema de Percepción y del Gestor de Interacción, que incorporan detectores que registran la presencia del usuario, sus emociones en las actividades y si está activo durante los ejercicios a realizar.

El sistema utiliza sesiones de chat que cargan los episodios almacenados como datos estructurados. Cada vez que se inicia Mini, se abre una nueva sesión de chat. La inicialización del sistema requiere de aproximadamente 20 segundos para recuperar el historial de interacciones. Además de los episodios, la sesión se configura con un prompt inicial redactado en español. Dicho prompt ha sido diseñado siguiendo los principios de *prompt engineering* descritos en (Karakaya, 2025). En este prompt definimos el rol del agente, su tarea, el contexto y el formato de sus respuestas. El mensaje inicial que se proporciona al modelo de lenguaje es el siguiente:

#### Prompt inicial del agente

Eres Mini, un robot social asistencial. Respóndeme de forma concisa, en primera persona y solo en español. Quiero que almacenes los episodios que te proporcione como tus recuerdos. Respondes a las solicitudes del usuario sobre estos episodios. Esta respuesta debe ser una única frase de menos de diez palabras.

Mini accede a sus recuerdos por petición del usuario a través de un menú en la tableta. El menú activa un sistema de reconocimiento de voz basado en Vosk<sup>1</sup>, una herramienta de código abierto que convierte el audio de la voz del usuario en texto.

<sup>1</sup><https://alphacephei.com/vosk/>

Tabla 1: Valores de los parámetros característicos para el modelo *Meta LLaMa 3* particularizados para los tipos de memoria disponibles en el *Sistema de memoria* del robot social Mini.

Tipo de memoria	Max Tokens	Top-p	Temp
Memoria episódica	30	0,4	0,2
Memoria creativa	50	0,4	1,0

La pregunta del usuario se transforma en un prompt que se envía al *Sistema de memoria* y la respuesta generada se transmite al Gestor de Interacción y de Expresividad para que Mini pueda comunicarla. Cada pregunta se considera un prompt distinto, lo que permite construir un historial de conversación.

El modelo posee los siguientes parámetros para dar forma a las respuestas. Estos parámetros se personalizan para cada prompt, a excepción del inicial.

- **Número máximo de tokens:** Determina la longitud máxima de la respuesta generada que el modelo muestra o imprime.
- **Top-p:** Representa el porcentaje de probabilidad acumulada que permite al modelo elegir entre las palabras más plausibles, reduciendo así el riesgo de producir resultados incoherentes o creativos.
- **Temperatura:** Ajusta cuán impredecible será el modelo. Valores bajos (por ejemplo, 0,2), hacen que el modelo sea más preciso y repetitivo, mientras que valores altos (como 0,8) generan respuestas más creativas y arriesgadas.

Cada tipo de memoria (episódica y creativa) requiere de características diferentes para las respuestas esperadas. La tabla 1 muestra los valores que toman los parámetros anteriores para generar el prompt adecuado para cada tipo de memoria.

La memoria episódica necesita que las respuestas se generen de la manera más rápida posible y que se ciñan a la información contenida en los episodios. Por ello, se eligen respuestas cortas (Max tokens 30) que tardan menos en generarse, flexibles (Top-p de 0,4) para evitar una rigidez que pueda hacer perder la naturalidad de la respuesta y una temperatura baja (0,2) que de lugar a respuestas conservadoras.

La memoria creativa busca respuestas proactivas e inesperadas que tengan un contexto relativo a la información de los episodios pero no se ciñan a ella. Además, en este caso, el tiempo de generación no es determinante porque no requiere una respuesta rápida del robot a las preguntas del usuario. Por ello, se elige una longitud de respuesta mayor (Max tokens 50), respuestas flexibles que ayuden a la naturalidad y fluidez de las mismas (Top-p de 0,4) y una temperatura alta (1,0) que permita la originalidad en las respuestas pero manteniendo la relación contextual de los episodios.

### 3.2. Memoria episódica

El usuario puede preguntar al robot por hechos concretos de los episodios que constituyen la memoria episódica de Mini. Cada una de las preguntas que realiza el usuario se le dan al modelo como prompts. La generación de los episodios constituye una fase fundamental para los dos tipos de memoria (episódica y creativa), ya que ambas necesitan la información de los episodios. La información almacenada en cada episodio es:

- **Fecha y hora:** El sistema registra el momento de inicio y fin de la interacción entre el usuario y el robot. Esta información permite contextualizar temporalmente el episodio.
- **Usuario:** Mini identifica al usuario involucrado en el episodio mediante algoritmos de visión por computador y el uso de su cámara. Si se trata del primer encuentro con un nuevo usuario, el robot solicita su nombre y crea un perfil personalizado que incluye imágenes del rostro del usuario.
- **Emociones del usuario:** A través del análisis facial, Mini detecta las emociones del usuario durante la interacción. Actualmente, el sistema puede reconocer estados de alegría, tristeza, enfado y calma, almacenando un registro de las emociones percibidas a lo largo del episodio.
- **Localización:** Mini registra el lugar donde se ha llevado a cabo la interacción utilizando la información contenida en el perfil del usuario. En el caso de nuevos usuarios, el robot solicita esta información al inicio del encuentro.
- **Actividad:** Se guarda una descripción de la actividad que han realizado conjuntamente el usuario y el robot durante el episodio.
- **Eventos destacables:** El sistema registra aquellos eventos significativos que ocurren durante una actividad. Por ejemplo, durante un juego de preguntas, si el usuario acaricia a Mini tras recibir una felicitación por finalizar el juego con éxito).

De forma análoga al funcionamiento de la memoria humana, que tiende a consolidar en el recuerdo aquellos episodios marcados por estímulos intensos o emociones relevantes (Braun et al., 2018; Atucha et al., 2017), el *Sistema de memoria* de Mini conserva únicamente alguna de las interacciones mantenidas con cada usuario. Al igual que el cerebro humano no guarda la totalidad de los eventos vividos (Wixted et al., 2018), y considerando además las limitaciones propias de los modelos de lenguaje, se ha diseñado un sistema de selección que determina qué episodios deben almacenarse.

Este sistema guarda, en primer lugar, una pequeña muestra aleatoria de las interacciones, con una probabilidad del 0,1 %, con el objetivo de construir un repertorio diverso de experiencias que puedan servir para personalizar futuras interacciones. En segundo lugar, se conservan de forma automática aquellos episodios que destacan por la presencia de estímulos relevantes o significativos. Esto incluye, por ejemplo, interacciones con emociones intensas asociadas como cuando el usuario finaliza exitosamente una actividad o como cuando el usuario realiza incorrectamente una tarea.

### 3.3. Memoria creativa

El Sistema de Percepción (García-Martínez et al., 2024) integra información visual del usuario y del entorno, captada a través de la cámara de Mini, para calcular dinámicamente el foco de atención en tiempo real durante la interacción. Esto permite al robot responder adecuadamente a señales no verbales del usuario, como la mirada y los gestos con las manos, guiando la atención del usuario hacia puntos de interés. Esto facilita

una interacción más natural y efectiva. Además, este sistema utiliza la información de los detectores de Mini para la identificación del usuario y sus emociones durante la interacción. El Sistema de Toma de Decisiones utiliza esta información para decidir cuando utilizar las respuestas generadas por la memoria creativa.

A diferencia de la memoria episódica, este tipo de memoria no requiere generación de contenido en tiempo real. Esta decisión responde a una limitación práctica: el proceso de generación puede tardar lo suficiente como para que el usuario abandone el entorno próximo del robot, dificultando así su detección. Este tipo de situaciones puede darse, por ejemplo, si el usuario se traslada a otra habitación o se sitúa fuera del campo de visión de la cámara 3D de Mini.

Otra distinción clave respecto a la memoria episódica radica en el mecanismo de activación de las respuestas. En este caso, por cada episodio almacenado, se genera previamente una respuesta a partir del siguiente prompt:

#### Prompt para la memoria creativa

En función de tus recuerdos con el usuario que está más cerca de ti, genera un episodio imaginativo sobre el último guardado que incite a ese usuario a acercarse e interactuar contigo. Puedes usar más de diez palabras.

Estas respuestas se generan de forma anticipada y quedan registradas como reclamos asociados al episodio correspondiente. Uno de los motivos principales para almacenar estas respuestas es garantizar una reacción rápida por parte del robot, evitando así la espera que implicaría una generación en tiempo real. De esta forma, Mini puede comunicar un mensaje de manera inmediata, mejorando la fluidez de la interacción.

Para seleccionar la respuesta que se emitirá con el fin de captar la atención del usuario, el sistema considera dos factores. En primer lugar, se filtran aquellos episodios vinculados con el usuario que interactúa. A continuación, se selecciona aleatoriamente una de las respuestas asociadas a dichos episodios, fomentando así una interacción natural y variada con el robot.

## 4. Caso de estudio

El presente caso de estudio muestra al robot Mini respondiendo al usuario sobre sus experiencias pasadas (episodios) que vivieron juntos y que se encuentran almacenadas en el *Sistema de memoria*. Usando comandos de voz o la tableta, el usuario inicia un modo de consulta y Mini ofrece respuestas precisas sobre lugares, personas, fechas, duración de actividades, o eventos significativos que ocurrieron en estos episodios. Mini también es capaz de responder preguntas más complejas que implican varios episodios, como cuántas veces jugó en una ubicación específica o a qué jugaban en diferentes momentos. Respuestas sobre un episodio concreto requieren de unos 2 segundos mientras que preguntas que requerían considerar varios episodios para extraer la información llegaban a tardar hasta 6s.

Para evaluar el funcionamiento de la memoria creativa, se solicitó al usuario que se alejara temporalmente e inesperadamente de la posición habitual de interacción, situada frente al robot. Estas interrupciones se repitieron en varias ocasiones a

lo largo del experimento para comprobar la activación proactiva de la memoria creativa.

Durante la interacción, el usuario se alejó del robot en cuatro ocasiones. En todas ellas, se activó la memoria creativa de Mini para recuperar episodios pasados y generar mensajes proactivos con el fin de atraer nuevamente su atención. En la primera ocasión, el robot recordó un episodio en el que el usuario respondió correctamente a todas las preguntas en un *juego de preguntas* con el mensaje: “¿Recuerdas cuando ganaste las tres rondas en el juego de las preguntas? ¡Mi circuito aún no se repone del asombro! ¡A qué no lo repites!”. Esta intervención provocó que el usuario regresara para intentar ganar nuevamente.

En la segunda ocasión, Mini detectó en sus episodios que el usuario solía jugar frecuentemente a *Simón dice* y generó el mensaje: “Sin ti el laboratorio parece más triste... y mi juego de Simón dice se muere por que lo pruebas”, lo que también motivó al usuario a acercarse. En la tercera ocasión, el robot evocó un episodio en el que el usuario no logró adivinar el último monumento mostrado en el juego *Adivina el monumento* y dijo: “Uno de mis monumentos sigue sin ser descubierto... ¿te atreves a intentarlo de nuevo?”, el usuario se acercó de nuevo pero no jugó a la actividad propuesta por el robot. Finalmente, en el cuarto alejamiento, Mini recuperó un episodio en el que ganó al usuario en el juego de cálculo matemático y utilizó la frase: “Tu silla aún huele a victoria... y a ganas de revancha en *Operaciones matemáticas*”, apelando al deseo de revancha como estrategia de atracción, el usuario no se acercó inmediatamente como la primera vez y no jugó a la actividad propuesta.

Este comportamiento permitió verificar que el sistema era capaz de identificar correctamente la presencia y posición del usuario y recuperar episodios previamente asociados a dicho usuario para sugerirle nuevas actividades personalizadas. Tras varias interrupciones, el usuario manifestó que, en un primer momento, las propuestas espontáneas del robot le resultaron inesperadas y despertaron su curiosidad, cumpliendo así el objetivo de la evaluación. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, el usuario comenzó a anticipar dichas reactivaciones, lo que disminuyó el efecto sorpresa y facilitó que ignorase las llamadas del robot cuando se encontraba realizando otras tareas ajenas al robot.

## 5. Conclusiones

Este artículo presenta un *Sistema de memoria episódica y creativa* aplicado a robots sociales basado en modelos de procesamiento de lenguaje natural. El sistema es capaz de responder tanto a preguntas generales como personalizadas sobre experiencias previas. El sistema es capaz de utilizar esa información pasada para proponer según los gustos del usuario nuevas actividades que el usuario no espera llamando su atención en periodos de inactividad.

Debido a las restricciones del hardware del robot y la conectividad a internet, Mini no puede utilizar modelos de lenguaje pesados que requieren de tarjetas gráficas pero que permiten una mayor fluidez de conversación entre el robot y el usuario. Mini cuenta con recursos computacionales limitados y dedicados a la ejecución simultánea de otros procesos, lo que obliga a usar modelos ligeros, de código abierto y que funcionen de

manera local. Además, al estar diseñado para asistir a personas mayores, no siempre se garantiza la disponibilidad de conexión a internet en entornos rurales.

Durante el desarrollo del trabajo, se observó que historias de interacción excesivamente largas disminuyen la capacidad del modelo para recuperar información y generar respuestas adecuadas. Por ello, se decidió limitar el historial a las últimas 10 interacciones y almacenar un máximo de 20 episodios. Al superarse este número, se elimina el episodio más antiguo para preservar la eficacia del sistema.

Las observaciones proporcionadas por el usuario indican que el impacto de la memoria creativa disminuye cuando se activa con demasiada frecuencia. Esta pérdida de efectividad implica que la interacción mejora e incrementa el interés principalmente durante las primeras ocasiones de uso. Sin embargo, el objetivo del sistema es que cada vez que se emplee la memoria creativa esta logre captar la atención del usuario, independientemente del número de interacciones previas.

## 6. Trabajos Futuros

Esta investigación presenta como trabajo futuro ajustar la frecuencia con la que se activa la memoria creativa, con el objetivo de mantener su efectividad a lo largo del tiempo y evitar la pérdida de interés por parte del usuario. Además, se propone implementar un sistema que permita gestionar los tiempos de generación más largos de forma que no afecten negativamente a la fluidez de la interacción. Finalmente, se llevará a cabo una evaluación del sistema con usuarios, lo que permitirá analizar en profundidad la percepción que estos tienen del robot y el *Sistema de memoria*, así como su impacto en la calidad de la interacción humano-robot.

## Agradecimientos

Estos resultados han sido financiados por los proyectos: *Evaluación del comportamiento del robot social Mini en residencias de mayores* con referencia 2024/00742/001 del programa *Ayudas para la Actividad Investigadora de los Jóvenes Doctores, Programa Propio de Investigación* financiado por la Universidad Carlos III de Madrid; *iRoboCity2030-CM, Robótica inteligente para ciudades sostenibles (TEC-2024/TEC-62)*, financiado por Programas de Actividades I+D en tecnologías de la Comunidad de Madrid; PID2021-1239410A-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por ERDF A way of making Europe; TED2021-132079B-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR; Mejora del nivel de madurez tecnológica del robot Mini (MeNiR) financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033. 13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR; Robot social portable con alto grado de vinculación (PoSoRo) PID2022-1403450B-I00 financiado por MCI/AEI/10.13039/501100011033 y ERDF A way of making Europe.

## Referencias

- Ali, S., Devasia, N., Park, H. W., Breazeal, C., 2021. Social robots as creativity eliciting agents. *Frontiers in Robotics and AI* 8, 673730.
- Anand, Y., Nussbaum, Z., Treat, A., Miller, A., Guo, R., Schmidt, B., Community, G., Duderstadt, B., Mulyar, A., 2023. Gpt4all: An ecosystem of open source compressed language models. arXiv preprint arXiv:2311.04931.
- Atucha, E., Vukojevic, V., Fornari, R. V., Ronzoni, G., Demougin, P., Peter, F., Atsak, P., Coolen, M. W., Papassotiropoulos, A., McGaugh, J. L., et al., 2017. Noradrenergic activation of the basolateral amygdala maintains hippocampus-dependent accuracy of remote memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (34), 9176–9181.
- Bärmann, L., DeChant, C., Plewnia, J., Peller-Konrad, F., Bauer, D., Asfour, T., Waibel, A., 2024. Episodic memory verbalization using hierarchical representations of life-long robot experience. arXiv preprint arXiv:2409.17702.
- Braun, E. K., Wimmer, G. E., Shohamy, D., 2018. Retroactive and graded prioritization of memory by reward. *Nature communications* 9 (1), 4886.
- García-Martínez, J., Gamboa-Montero, J. J., Castillo, J. C., Castro-González, Á., Salichs, M. Á., 2024. Bio-inspired joint attention system for dynamic focus of attention allocation and real-time stimulus prioritization in social robots. In: *International Conference on Social Robotics*. Springer, pp. 307–318.
- García Contreras, A. F., Chang, W.-Y., Kawano, S., Chen, Y.-N., Yoshino, K., 2025. Improving an assistive robot's conversations using large-language model-driven episodic memory. In: *Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Association for Natural Language Processing*. Association for Natural Language Processing (Japan), Kyoto, Japan, pp. 1–5.
- Gerver, C. R., Griffin, J. W., Dennis, N. A., Beaty, R. E., 2023. Memory and creativity: A meta-analytic examination of the relationship between memory systems and creative cognition. *Psychonomic Bulletin & Review* 30 (6), 2116–2154.
- Karakaya, K., 2025. Human-ai interaction with large language models in complex information tasks: Prompt engineering strategies. *Asian Journal of Distance Education*.
- Kim, C. Y., Lee, C. P., Mutlu, B., 2024. Understanding large-language model (llm)-powered human-robot interaction. In: *Proceedings of the 2024 ACM/IEEE international conference on human-robot interaction*. pp. 371–380.
- Lee, W.-H., Kim, J.-H., 2018. Hierarchical emotional episodic memory for social human robot collaboration. *Autonomous Robots* 42, 1087–1102.
- Maroto-Gómez, M., Huisa-Rojas, A., Castro-González, Á., Malfaz, M., Salichs, M. Á., 2023. Personalizing multi-modal human-robot interaction using adaptive robot behavior. In: *International Conference on Social Robotics*. Springer, pp. 382–393.
- Maroto-Gómez, M., Malfaz, M., Castillo, J. C., Castro-González, Á., Salichs, M. Á., 2024. Personalizing activity selection in assistive social robots from explicit and implicit user feedback. *International Journal of Social Robotics*, 1–19.
- Salichs, M. A., Castro-González, Á., Salichs, E., Fernández-Rodicio, E., Maroto-Gómez, M., Gamboa-Montero, J. J., Marques-Villarroya, S., Castillo, J. C., Alonso-Martín, F., Malfaz, M., 2020. Mini: a new social robot for the elderly. *International Journal of Social Robotics* 12, 1231–1249.
- Tapus, A., Mataric, M. J., Scassellati, B., 2007. Socially assistive robotics [grand challenges of robotics]. *IEEE robotics & automation magazine* 14 (1), 35–42.
- Tulving, E., 2002. Episodic memory: From mind to brain. *Annual review of psychology* 53 (1), 1–25.
- Wang, J., Ma, W., Sun, P., Zhang, M., Nie, J.-Y., 2024. Understanding user experience in large language model interactions. arXiv preprint arXiv:2401.08329.
- Wixted, J. T., Goldinger, S. D., Squire, L. R., Kuhn, J. R., Papesh, M. H., Smith, K. A., Treiman, D. M., Steinmetz, P. N., 2018. Coding of episodic memory in the human hippocampus. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115 (5), 1093–1098.