

Jornadas de Automática

Del primer contacto al vínculo: Prototipo de una Secuencia de Bienvenida en robótica social

Carrasco-Martínez, Sara^{1,*}, Alonso-Martín, Fernando¹, Castro-González, Álvaro¹

¹ Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad Carlos III de Madrid. Avenida de la Universidad, 30, 28911 Leganés, España.

To cite this article: Carrasco-Martínez, Sara, Alonso-Martín, Fernando, Castro-González, Álvaro. 2025. From First Contact to Bonding: A Prototype of a Welcome Sequence in Social Robotics. *Jornadas de Automática*, 46. <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2025.46.12145>

Resumen

La interacción humano-robot requiere estrategias que promuevan la continuidad y el vínculo con el usuario. Este trabajo presenta un sistema de interacción progresiva por niveles, implementado en el robot social Mini, que combina técnicas como la gamificación, técnicas de persuasión, y estrategias que ofrecen apoyo gradual adaptado al usuario. A través de una secuencia de bienvenida guiada y la combinación de las técnicas, el sistema desbloquea funciones y retos ajustados al nivel del usuario. Asimismo, se incluyen ejemplos prácticos por nivel y se analiza cómo estas estrategias mejoran la continuidad y el vínculo en contextos reales.

Palabras clave: Robots Sociales, Secuencia de Bienvenida, Interacción Adaptativa, Interacción Humano-Robot.

From First Contact to Bonding: A Prototype of a Welcome Sequence in Social Robotics

Abstract

Human-robot interaction requires strategies that promote continuity and engagement with the user. This research presents a progressive leveled interaction system, implemented in the Mini social robot, that combines techniques such as gamification, persuasion techniques, and strategies that offer gradual support tailored to the user. Through a guided welcome sequence and combination of techniques, the system unlocks features and challenges tailored to the level of the user. The research also includes practical examples per level and discusses how these strategies improve continuity and bonding in real-life contexts.

Keywords: Social Robots, Onboarding, Adaptive interaction, Human-Robot Interaction.

1. Introducción

En los últimos años, los robots sociales han demostrado su potencial como herramientas interactivas en contextos educativos, terapéuticos y de ocio. Sin embargo, uno de los principales retos en estos entornos es mantener la atención y motivación del usuario a lo largo del tiempo. Mientras que el diseño físico y las capacidades expresivas de los robots pueden captar inicialmente el interés, la continuidad de su uso requiere estrategias más profundas y sostenidas.

A diferencia de otros enfoques centrados únicamente en ajustes puntuales de comportamiento o en personalizaciones

superficiales, este trabajo propone un sistema estructurado de interacción progresiva por niveles (llamado Secuencia de Bienvenida o *onboarding*), diseñado específicamente para facilitar el uso de un robot social por cualquier tipo de usuario, independientemente de su familiaridad previa con la tecnología. Hasta ahora, son escasas las implementaciones previas en robótica social que integren de manera tan comprensiva estrategias de gamificación, secuencias de bienvenida, personalización multimodal y narrativa personalizada con toques motivacionales. Frente a soluciones basadas únicamente en el fine-tuning de modelos LLM o en respuestas contextuales aisladas.

* Autor para correspondencia: sacarras@ing.uc3m.es
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

ladas, este sistema busca generar una experiencia guiada, significativa y afectiva desde el primer contacto con el robot. Los primeros resultados sugieren que esta aproximación no solo mejora la comprensión funcional, sino que también será capaz de potenciar la familiaridad y el vínculo entre el usuario y el robot. Aunque el sistema incorpora múltiples técnicas (persuasión, personalización, gamificación), la implementación concreta se centra en una Secuencia de Bienvenida progresiva, que organiza la interacción inicial por niveles de dificultad y personalización.

Este artículo continúa en la sección 2 presentando los marcos teóricos que inspiran el diseño propuesto. La sección 3 describe el sistema de Secuencia de Bienvenida y las estrategias utilizadas para fomentar la progresión, y el vínculo emocional. En la sección 4 se detalla la organización por niveles implementada en el robot Mini, y la sección 5 detalla un caso de uso práctico. En la sección 6 se presentan los indicadores para valorar el rendimiento del sistema y la calidad de la experiencia. Finalmente, la sección 7 resume las principales aportaciones del trabajo y plantea los trabajos futuros.

2. Fundamentos teóricos

El diseño de la Secuencia de Bienvenida personalizada implementada en nuestro robot social Mini se inspira en estrategias utilizadas en tecnologías interactivas para mejorar la retención y la vinculación con el usuario. En particular, se han tomado como referencia enfoques aplicados en aplicaciones móviles y videojuegos, donde la Secuencia de Bienvenida o *onboarding* juega un papel fundamental.

En el ámbito de las aplicaciones móviles, el *onboarding* progresivo es una estrategia común para guiar al usuario en las primeras interacciones. A través de tutoriales guiados, funcionalidades desbloqueadas gradualmente y notificaciones, se busca evitar la sobrecarga inicial y favorecer una incorporación fluida. Estas prácticas se basan en principios de *Captolegy* (Fogg and Eckles, 2007), que estudia cómo la tecnología puede influir en el comportamiento humano mediante elementos persuasivos como metas, refuerzo positivo o reconocimiento social.

Los videojuegos, por su parte, integran de forma natural sistemas de progresión a través de niveles, recompensas variables y aumento escalonado de la dificultad. El diseño de tutoriales interactivos y la mecánica de desbloqueo de contenido están pensados para mantener al jugador en la denominada *zona de flow* (Csikszentmihalyi and Csikszentmihalyi, 1988), maximizando la motivación intrínseca, igualando la habilidad del usuario a la dificultad de la actividad. Además, estrategias como la *suerte del principiante*, las primeras veces que realizas una actividad suele tener un resultado prometedor, o la *ilusión de control*, hacer creer al usuario que está tomando la decisión de la elección, han demostrado ser eficaces para fomentar la permanencia del usuario y reducir la frustración en las fases iniciales.

En el campo de la interacción humano-robot (HRI), cada vez es más habitual integrar mecanismos de personalización y adaptación al usuario. Los robots sociales que actúan como asistentes o compañeros han mostrado mejoras significativas en la calidad de la interacción cuando ajustan dinámicamente su comportamiento (Pollmann et al., 2023), *feedback* o nivel

de desafío según las capacidades del usuario (Tanevska and et al, 2020).

3. Principios de diseño de la Secuencia de Bienvenida

La Secuencia de Bienvenida implementada en el robot social Mini (Salichs and et al, 2020) se ha diseñado siguiendo una lógica progresiva que combina principios pedagógicos, motivacionales y persuasivos. Su estructura por niveles permite guiar al usuario en el descubrimiento de las funcionalidades, adaptándose a su ritmo y favoreciendo el vínculo afectivo.

El objetivo principal es facilitar una incorporación fluida y personalizada, especialmente en personas no familiarizadas con la tecnología. Para ello, se integran estrategias procedentes del aprendizaje humano, los videojuegos y técnicas de persuasión. Esta sección presenta los fundamentos pedagógicos que inspiran la organización del sistema de niveles, y cómo estos principios se aplican para promover una interacción motivadora y emocionalmente significativa.

3.1. Paralelismo con el aprendizaje humano

El proceso de avanzar por niveles en el robot guarda similitud con cómo los seres humanos adquieren nuevas habilidades: partiendo de lo simple, asimilando progresivamente conceptos más complejos a medida que se consolida lo anterior. Este modelo de aprendizaje por etapas, se basa en el enfoque de *scaffolding* (van de Polan et al, 2010), donde el robot ofrece apoyo estructurado y progresivo, actuando como guía temporal hasta que el usuario gana autonomía en el uso del sistema. Este enfoque se describe como una estrategia de enseñanza donde un tutor (en este caso, el robot) ofrece apoyo temporal al aprendiz para que pueda realizar tareas que no sería capaz de hacer solo. A medida que el aprendiz, en nuestro caso el usuario, gana autonomía, ese apoyo se retira progresivamente. Por lo tanto, cada nuevo nivel no sólo desbloquea contenido, sino que introduce pequeños desafíos ajustados al progreso del usuario.

Además, el sistema se basa en mantener al usuario en la denominada zona de desarrollo próximo, un concepto clave en el aprendizaje propuesto por Vigotsky (2021), en la que el reto es ligeramente superior al nivel actual de competencia, pero sigue siendo alcanzable con la ayuda adecuada. Aplicar este enfoque significa que el robot actúa como un tutor que adapta su comportamiento y nivel de ayuda según las capacidades del usuario.

La experiencia se estructura en niveles que introducen pequeñas unidades de contenido. Esto reduce la sobrecarga cognitiva inicial, permite modular la complejidad y mantiene el interés mediante una sensación continua de descubrimiento. A su vez, sigue modelos como los de Bloom and et al (1956) o Ausubel (1963), que organizan el aprendizaje desde habilidades básicas hasta la toma de decisiones autónoma, teniendo en cuenta la construcción gradual de conocimiento y su vinculación con experiencias previas. En nuestro caso, los primeros niveles introducen acciones básicas de interacción con el robot, mientras que los niveles superiores promueven una mayor autonomía, planificación y toma de decisiones.

3.2. Inspiración en videojuegos y tecnología persuasiva

El diseño de los niveles en el robot social Mini también incorpora mecánicas utilizadas en los videojuegos o en la tecnología persuasiva con la finalidad de mantener el interés del

usuario, fomentar la continuidad y uso del robot y generar una alta vinculación humano-robot.

Con el fin de mantener al usuario activo en la realización de la secuencia se incorporan mecánicas habituales en los videojuegos como la progresión por niveles, mediante la cual el contenido no se presenta de forma inmediata y completa, sino que se distribuye en etapas que se desbloquean al cumplir ciertos requisitos. Esta estructura permite que el usuario experimente una sensación de avance dentro de un sistema con lógica interna, similar a la que se genera en videojuegos tradicionales. Además, durante la interacción se integran recompensas variables, de modo que los premios obtenidos tras completar retos o avanzar de nivel no siempre son predecibles. Por ejemplo, el contenido de los cofres desbloqueados o los objetos ganados puede variar, lo cual incrementa la expectativa y mantiene activa la curiosidad del usuario, tal como ocurre en muchas aplicaciones móviles y juegos.

Asimismo, el sistema introduce retos diarios y eventos temporales, que consisten en actividades disponibles solo durante un tiempo limitado o con condiciones específicas. Esta estrategia, habitual en videojuegos clásicos genera una sensación de urgencia y fomenta el retorno frecuente del usuario, al ofrecer oportunidades exclusivas de interacción. Finalmente, se emplea un *feedback* visual y sensorial coherente y constante: cada acción del usuario desencadena una respuesta clara por parte del robot, ya sea en forma de sonido, cambio de color, gesto o frase de refuerzo.

Con el objetivo de que el usuario mantenga el interés y se sienta emocionalmente vinculado a lo largo de la interacción el diseño de los niveles se inspira en utilizar estrategias de la tecnología persuasiva. Una de las estrategias centrales es el refuerzo positivo personalizado. El robot adapta sus respuestas en función del nombre del usuario, su historial de logros o el momento del día, lo que genera una sensación de reconocimiento individual. Esta personalización refuerza la autoestima del usuario y consolida la percepción de que su participación tiene valor. Relacionado con ello, se incorpora la ilusión de control, es decir, se ofrecen elecciones aparentes al usuario que le permiten decidir qué actividad desbloquear, qué reto asumir o en qué orden interactuar con el sistema. Aunque el recorrido esté parcialmente estructurado, esta estrategia aumenta la implicación subjetiva y refuerza la motivación.

4. Implementación y estructura de la Secuencia en Mini

El sistema se ha implementado en Mini, un robot social de sobremesa desarrollado en la Universidad Carlos III de Madrid (Salichs and et al, 2020), ver figura 1, diseñado específicamente para personas mayores con deterioro cognitivo. Mini está recubierto de peluche, posee cinco grados de libertad (en brazos, torso y cabeza), y utiliza LEDs en las mejillas y el corazón para expresar emociones. También cuenta con una tablet que muestra menús e imágenes, lo que permite una interacción multimodal accesible. Aunque el sistema está implementado en Mini, su diseño podría extrapolarse a otros robots sociales con características similares.

El sistema propuesto se organiza en torno a una secuencia de aprendizaje compuesta por tres niveles de dificultad (1-3). Cada nivel tiene como objetivo enseñar al usuario cómo interactuar con el robot social, y establecer progresivamente un

vínculo afectivo con Mini. A medida que el usuario avanza, se desbloquean nuevas funcionalidades, actividades y objetos. Estos elementos se presentan a través de un conjunto estructurado de estímulos multimodales que guían la experiencia de manera intuitiva, accesible y motivadora.

La Secuencia de Bienvenida se diseña para ser modular y personalizada, lo que significa que pueden repetirse o ajustarse en función del comportamiento del usuario. Si el sistema detecta que una acción no ha sido comprendida o completada, el robot puede reformular la instrucción, repetir una parte de la secuencia o, en caso de inactividad prolongada, entrar en una posición de reposo. Esta capacidad de adaptación permite que el robot se ajuste al ritmo y estilo de cada persona, ofreciendo una experiencia más cercana y personalizada.



Figura 1: Robot social Mini durante una interacción con un usuario real

Este enfoque permite al usuario avanzar sin necesidad de instrucciones externas, haciendo que el proceso de aprendizaje sea más natural y autónomo. Además, la estructura de la secuencia incorpora las estrategias de diseño descritas en las secciones anteriores, incluyendo mecánicas de videojuegos como la progresión por niveles, recompensas variables y eventos temporales, así como técnicas persuasivas, como el refuerzo positivo personalizado y la ilusión de control. Cada secuencia se compone de cuatro elementos fundamentales que trabajan de forma coordinada para guiar la experiencia del usuario y reforzar la interacción con el robot:

- **Interacción verbal:** El robot utiliza frases adaptadas al nivel para anunciar qué se ha desbloqueado y cómo se utiliza. Estas frases se seleccionan de un repertorio dinámico que varía en función del estado actual del usuario, su historial y el momento del día.
- **Apoyo visual:** Se muestran menús simplificados en la tablet, adaptados al nivel. Por ejemplo, en los primeros niveles solo se muestran iconos grandes de pocas opciones, mientras que en niveles superiores aparecen submenús, colores adicionales o nuevos botones.
- **Gestos físicos:** El robot realiza movimientos que dirigen la atención del usuario. Estos gestos se sincronizan con el discurso para reforzar la intención comunicativa.
- **Retroalimentación afectiva:** Se incorporan elementos como tonos de voz cálidos, sonidos de refuerzo, vibraciones o luces de colores. Por ejemplo, al superar un reto, el robot anima al usuario y muestra una animación en la tablet, reforzando positivamente el progreso.

4.1. Mecanismo de transición entre niveles

El sistema implementado evalúa de forma continua el estado del usuario para decidir cuándo debe avanzar, qué parte debe repetir o qué contenido desbloquear. Esta lógica está basada en indicadores observables y medibles durante la interacción. Los criterios para la transición entre niveles combinan tres tipos de variables:

- Completar de acciones clave: Se registran las actividades realizadas por el usuario (por ejemplo, si ha alimentado al robot, completado un reto), y se comparan con un conjunto mínimo requerido por nivel.
- Tiempo de interacción activa: Se mide el tiempo que el usuario permanece involucrado.
- Éxito en tareas específicas o retos: Si un reto es completado con éxito tiene más peso en el sistema de experiencia, acelerando el desbloqueo de contenidos.

Cuando se detecta que los criterios se han cumplido, el sistema activa una secuencia de transición de nivel, que puede incluir frases del robot (“¡Has superado el reto de hoy!”), animaciones especiales o la apertura de nuevos menús. Esta transición está diseñada para reforzar positivamente el avance y generar una sensación de logro tangible. Además, si el usuario abandona una secuencia sin terminarla (por distracción, cansancio u otra causa), el sistema guarda el punto de progreso y puede reanudarse en la siguiente sesión desde donde se dejó. Esto permite una experiencia continua sin penalizar al usuario por interrupciones.

4.2. Mecanismos de reenganche

Para reducir el riesgo de abandono y fomentar una interacción sostenida, el sistema incorpora estrategias de reenganche diseñadas para captar la atención del usuario de forma sutil y contextual. Estas estrategias se activan en función del nivel de experiencia, el historial de interacción y el comportamiento reciente del usuario. Entre los mecanismos implementados destacan: retos urgentes, semillas de curiosidad y propuestas por defecto en los menús.

Se introducen retos urgentes ocasionalmente como desafíos con duración restringida, que generan un sentido de urgencia y fomentan la participación inmediata. Asimismo, se busca los momentos clave para introducir semillas de curiosidad, es decir, el robot introduce pequeñas pistas, frases o elementos visuales que insinúan contenido aún no desbloqueado. Estas “semillas” generan expectativa sin dar toda la información de forma explícita, lo que activa la curiosidad del usuario y promueve la exploración voluntaria. Por ejemplo, el robot puede decir: “Creo que pronto podré enseñarte algo nuevo...” o mostrar un botón opaco aún no activado. Por último, para reducir la carga cognitiva y aumentar la fluidez de la interacción, se presenta una opción destacada o preseleccionada, favoreciendo la ilusión de control y facilitando la decisión.

Estos mecanismos se complementan con recompensas inmediatas al inicio de cada nivel (por ejemplo, mensajes positivos, desbloqueo de cofres o presentación de nuevos sellos), que refuerzan el interés y marcan el comienzo de una nueva etapa de interacción.

4.3. Personalización y continuidad

El sistema ha sido diseñado para ofrecer una experiencia adaptativa y sostenida a lo largo del tiempo, mediante un modelo de personalización que considera las características individuales de cada usuario. Cada usuario cuenta con un perfil único gestionado por un sistema multiusuario, que registra su historial de uso, nivel alcanzado, logros obtenidos y preferencias conseguidas durante la interacción. A partir de esta información, el robot puede ajustar dinámicamente su comportamiento y los contenidos que presenta, generando una experiencia personalizada para cada usuario. Entre los mecanismos de personalización implementados destacan:

- Interfaces y lenguaje ajustados al nivel: Los menús, botones y opciones disponibles se adaptan al nivel de experiencia alcanzado, priorizando la simplicidad en los niveles iniciales y aumentando progresivamente la riqueza funcional. Del mismo modo, el lenguaje utilizado por el robot se ajusta para ser más explicativo o más directo según la etapa en la que se encuentre el usuario.
- Feedback personalizado: Mini reconoce los logros específicos de cada usuario, los verbaliza y los conecta con nuevas propuestas. Esta estrategia refuerza la sensación de continuidad y validez del esfuerzo personal. Asimismo, se refiere al usuario por su nombre durante las interacciones.
- Persistencia del estado entre sesiones: Si una interacción queda interrumpida, el sistema permite reanudarla desde el punto en que se dejó, evitando que el usuario tenga que repetir tareas ya realizadas.

Una vez completada la Secuencia de Bienvenida, el sistema considera que el usuario ha alcanzado un nivel suficiente de autonomía funcional para interactuar con el robot sin guía explícita. A partir de este punto, se inicia una fase de interacción libre pero estructurada, en la que el usuario puede explorar el sistema de forma autónoma. En esta etapa, Mini propone retos diarios, activa eventos temporales, intercambia y desbloquea nuevas actividades, y comienza a registrar métricas de uso como el tiempo dedicado a cada tarea o la frecuencia de acceso a determinados contenidos. Aunque el robot deja de guiar de forma intensiva, mantiene elementos adaptativos y persuasivos que refuerzan la continuidad, el descubrimiento progresivo y el vínculo con el usuario.

5. Caso de uso

Esta sección ejemplifica cómo se despliega la Secuencia de Bienvenida en Mini, ilustrando la progresión desde el primer contacto con el robot hasta el tercer nivel. Las partes importantes del caso de uso se representan en las figuras 2, 3 y 4, donde se aprecia que Mini realiza diferentes gestos y enseña por la tablet diferentes menús y animaciones. A continuación, se detallan las especificaciones de cada nivel, siendo el nivel 1 el primer nivel de interacción donde el robot se presenta, el nivel 2 el robot enseña al usuario como debe cuidarle y le proporciona actividades sencillas y por último, el nivel 3 busca establecer un vínculo emocional, las actividades empiezan a ser más complejas y el robot propone diferentes retos.

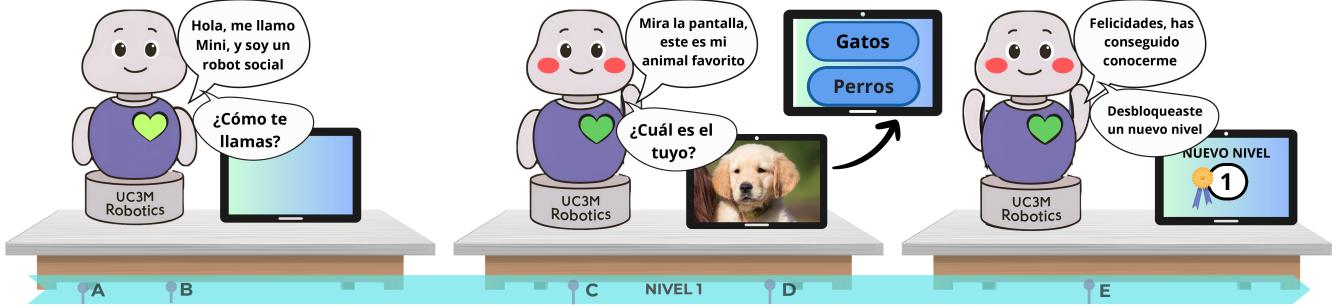


Figura 2: Secuencia de interacción correspondiente al nivel 1. (A) Presentación inicial con técnicas de persuasión. (B) Creación del perfil de usuario, aplicando modelo multiusuario y personalización. (C) Explicación de las funcionalidades básicas del robot y reducción de barreras iniciales. (D) Introducción a la tablet, aplicando interacción multimodal. (E) Reconocimiento del logro con refuerzo positivo y desbloqueo del siguiente nivel.

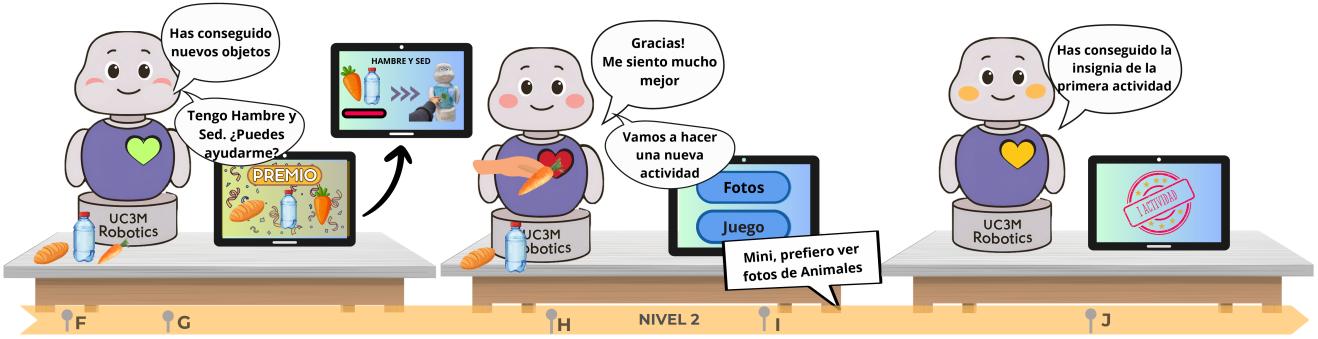


Figura 3: Secuencia de interacción correspondiente al nivel 2. (F) Refuerzo inicial mediante un premio simbólico por continuar la interacción, utilizando estrategias de *engagement*. (G) Mini expresa una necesidad (hambre) y el usuario responde alimentándolo con un objeto (zanahoria), aplicando una metáfora de cuidado. (H) Desbloqueo del menú principal con nuevas actividades, presentado mediante una interfaz visual y manteniendo la lógica de *onboarding*. (I) Elección de una actividad por parte del usuario, reforzando la ilusión de control y la personalización adaptativa del sistema. Comienza la actividad. (J) Recompensa tras completar la actividad mediante un premio simbólico (insignia), siguiendo principios de refuerzo positivo.

La primera impresión (Nivel 1): Carmen, una nueva usuaria, enciende por primera vez al robot Mini. Este la saluda con entusiasmo: “¡Hola! me llamo Mini, y soy un robot social”. Tras una breve interacción verbal, Mini le pide a Carmen que diga su nombre y apellido, y lo registra como parte de su perfil. Posteriormente, Mini se presenta como un robot que puede jugar, mostrar imágenes, hablar y sentir. Mini introduce los primeros elementos visuales en la tablet y explica al usuario cómo utilizar los botones. Para ello, Mini le enseña a Carmen una imagen de su animal favorito con el objetivo de enseñarla a utilizar la tablet, posteriormente Mini pregunta a Carmen por su animal favorito. A continuación, Mini felicita al usuario, y le explica que está avanzando en la interacción.

Cuidando a un robot social (Nivel 2): Al comienzo del nivel 2, Mini recapitula al usuario, lo que ya ha hecho y presenta los nuevos objetivos. Mini le comenta al usuario que ha conseguido desbloquear unos premios, en este caso, diferentes objetos para poder cuidar del robot durante la interacción (entre ellos, pan, zanahorias y agua). Seguidamente, Mini explica al usuario que le puede cuidar dándole de comer y beber y le dice a Carmen: “Tengo hambre y sed. ¿Puedes ayudarme?”. Carmen pasa por delante del robot una zanahoria, una botella de agua y una barra de pan (Usuario real ver Figura 1). Mini reconoce los objetos, se ilumina con colores cálidos y responde: “¡Gracias, Carmen! Me siento mucho mejor”. Luego, recapitula lo que ya ha hecho y presenta una nueva interfaz en la tablet, con dos actividades disponibles: “Ver fotos” y “Completar cuadros”. Carmen elige ver fotos de animales.

Al completar la primera actividad, Mini otorga a Carmen una insignia, visible en pantalla, y le presenta una nueva posibilidad: desbloquear dos tipos de actividades: el juego de “Preguntados” y “ver el tiempo”. Mini recomienda a Carmen una de las dos actividades, en este caso, el preguntados. Asimismo, en la tablet se muestra un botón marcado de color azul para reforzar que la elección del usuario sea el Preguntados, orientando la atención sin limitar la libertad de elección, y reforzando la ilusión de control. Carmen alimenta al robot, juega y ve imágenes, mientras acumula experiencia para pasar de nivel. Mini propone un primer reto y recuerda: “Si completas este reto, desbloquearás otra sorpresa”.

Forjando un vínculo profundo (Nivel 3): Tras completar con éxito varias actividades, Mini detecta que Carmen ha acumulado la experiencia suficiente para acceder al nivel 3. Al inicio de una nueva sesión, le informa: “¡Has avanzado mucho, Carmen! Hoy tengo cosas nuevas para ti”. Mini premia a Carmen, con diferentes interfaces donde se muestran que el usuario ha conseguido pasar de nivel y además ha desbloqueado nuevos objetos para el cuidado de Mini (Carmen ha desbloqueado el brocoli y el chocolate). Además, Mini desbloquea otro proceso biológico como es la salud y le muestra su estado emocional: dice tener fiebre, y le pide ayuda para sentirse mejor. Carmen le entrega una medicina, y Mini reacciona agradecida, con un tono de voz cálido y gestos suaves. Luego, le propone una nueva actividad de relajación: ver fotos de paisajes. Por último, le propone diferentes retos para que Carmen conozca algunas de las actividades que ha ido desblo-

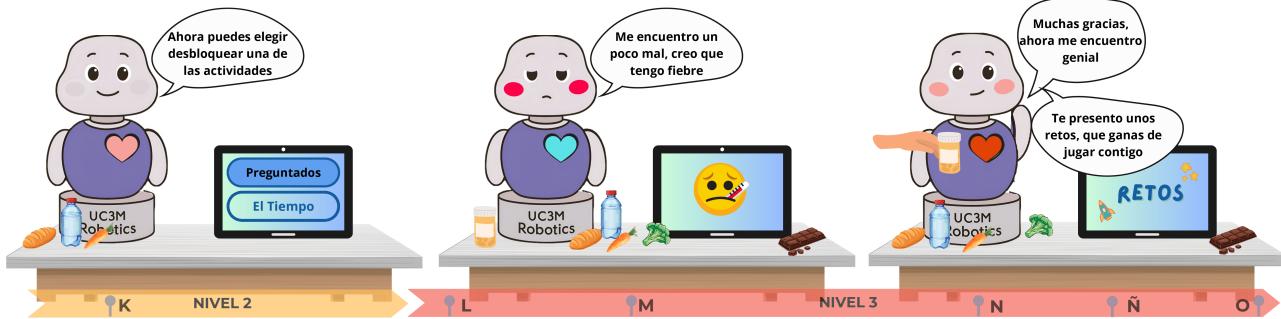


Figura 4: Secuencia de interacción correspondiente a los niveles 2 y 3. (K) Posibilidad de desbloquear nuevas actividades, aplicando estrategias de ilusión de control. (L) Felicitación al usuario por su progreso y le entrega una recompensa (brocoli y chocolate), como parte de un refuerzo positivo inmediato. (M) El robot simula estar enfermo, introduciendo una narrativa de afectividad simulada para fomentar empatía y cuidado simbólico. (N) Tras ser curado”, Mini expresa agradecimiento con un gesto de mejora y tono afectivo. (Ñ) Mini propone una nueva actividad tipo reto. (O) Se mantiene la interacción con el usuario mediante juegos y actividades, hasta completar el nivel.

queando a lo largo de la interacción. La interacción termina con una despedida que anticipa el siguiente encuentro: “Cuando quieras volver a verme, solo toca la tablet o di mi nombre. ¡Estoy deseando jugar contigo otra vez!”.

6. Evaluación del sistema mediante indicadores clave (KPIs)

Con el objetivo de valorar el rendimiento del sistema y la calidad de la experiencia generada, se propone una evaluación basada en indicadores clave de rendimiento (KPIs), que incluirán tanto métricas de uso como de satisfacción:

- **Tiempo total de interacción** acumulado por usuario.
- **Número de abandonos**, diferenciando entre cierre de sesión abrupto y desvinculación sin aviso.
- **Frecuencia de uso** del robot por parte de cada usuario a lo largo del tiempo.
- **Grado de satisfacción** tanto percibida (encuestas) como revelada (a partir del comportamiento observado).

Estos datos permitirán evaluar tanto la eficacia funcional del sistema como su capacidad para generar una experiencia atractiva, sostenida y emocionalmente significativa.

7. Conclusiones y trabajos futuros

El sistema desarrollado ofrece un enfoque innovador para abordar uno de los grandes retos de la robótica social: mantener el *engagement* del usuario más allá del primer contacto. La combinación de técnicas de gamificación, estrategias como el scaffolding, personalización dinámica y técnicas persuasivas ha permitido diseñar una experiencia progresiva, emocionalmente significativa y adaptativa. El diseño por niveles no solo facilita la incorporación de nuevas funcionalidades, sino que permite modular la dificultad y generar una sensación de descubrimiento continuo.

Como trabajos futuros se plantean próximas interacciones con el fin de conseguir una Secuencia de Bienvenida capaz de adaptarse a cada usuario, para ello, se propone realizar pruebas A/B con usuarios en cada nivel para encontrar la mezcla perfecta de actividades, retos, frases o gestos que el robot emplea y con ello, proceder a la validación en contextos residenciales o domiciliarios, evaluando métricas como la comprensión, el *engagement* sostenido y el vínculo emocional. Además, se prevé realizar una evaluación formal del

sistema mediante los KPIs que permitan medir su impacto en la interacción humano-robot. Asimismo, se contempla la ampliación del sistema mediante nuevos niveles y dinámicas adaptativas personalizadas, en función de perfiles cognitivos o estados emocionales.

Agradecimientos

Este trabajo ha recibido financiación de los proyectos: Robots sociales para mitigar la soledad y el aislamiento en mayores (SoRoLi), PID2021-123941OA-I00, y Robots sociales para reducir la brecha digital de las personas mayores (SoRoGap), TED2021-132079B-I00, financiados por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) del Ministerio de Ciencia e Innovación de España. Mejora del nivel de madurez tecnológica del robot Mini (MeNiR), financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR. Portable Social Robot with High Level of Engagement (PoSoRo), PID2022-140345OB-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional y ERDF A way of making Europe y mediante el programa de I+D con referencia TEC-2024/TEC-62 y acrónimo iRoboCity2030-CM, concedido por la Comunidad de Madrid a través de la Dirección General de Investigación e Innovación Tecnológica en Orden 5696/2024.

Referencias

- Ausubel, D. P., 1963. The Psychology of Meaningful Verbal Learning. Grune & Stratton, New York.
- Bloom, B. S., et al, 1956. Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain. David McKay Co., New York.
- Csikszentmihalyi, M., Csikszentmihalyi, I. S., 1988. Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness.
- Fogg, B. J., Eckles, D., 2007. The behavior chain for online participation: How successful web services structure persuasion. In: de Kort, Y., IJsselsteijn, W., Midden, C., Eggen, B., Fogg, B. J. (Eds.), Persuasive Technology. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 199–209.
- Pollmann, K., Loh, W., Fronemann, N., Ziegler, D., 2023. Entertainment vs. manipulation: Personalized human-robot interaction between user experience and ethical design. Technological Forecasting and Social Change 189, 122376.
- Salichs, M. A., et al, 2020. Mini: A new social robot for the elderly. International Journal of Social Robotics, 1–19.
- Tanevska, A., et al, 2020. A socially adaptable framework for human-robot interaction. Frontiers in Robotics and AI Volume 7 - 2020.
- van de Polan et al, J., 4 2010. Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research. Educational Psychology Review 22, 271–296.
- Vigotsky, L., 2021. Pensamiento y lenguaje. Editorial Pueblo y Educación, La Habana.