

Aplicación de estrategias psicológicas y sociales para incrementar el vínculo en interacción humano-robot

Sara Carrasco Martínez*, Juan José Gamboa Montero, Marcos Maroto Gómez,
Fernando Alonso Martín, Miguel A. Salichs

Universidad Carlos III de Madrid

To cite this article: Carrasco-Martínez, S., Gamboa-Montero, J.J., Maroto-Gómez, M., Alonso-Martín, F., Salichs, M.A. 2023. Applying psychological and social strategies to increase engagement in human-robot interaction. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial 00, 1-14. <https://doi.org/10.4995/riai.2023.13739>

Resumen

La robótica social se encuentra ante el reto de diseñar robots que sean útiles para la sociedad, se puedan utilizar con frecuencia, y en los que la gente confíe. Este problema se puede abordar desarrollando robots con alto grado de vinculación y compromiso con sus usuarios. Proponemos aplicar diversas estrategias relacionadas con la psicología social y la teoría de juegos en el campo de la robótica social. El objetivo es conseguir una vinculación entre el robot y sus usuarios, produciendo tiempos de interacción más largos para aumentar el uso del robot de manera diaria. La combinación de las diferentes estrategias se centra en desarrollar robots sociales que faciliten y promuevan la interacción con sus usuarios. Como novedad en este trabajo se incorporan estrategias de alto grado de vinculación en el campo de la robótica social. En concreto, para mejorar la utilización y el enganche en nuestro robot social Mini. Además, se muestran los resultados obtenidos en la validación de las estrategias propuestas en experimentos realizados por 21 participantes de avanzada edad. Estos resultados demuestran la utilidad de nuestro sistema para aumentar el tiempo de interacción con el robot durante ejercicios de entretenimiento.

Palabras clave: Alto grado de vinculación, Estrategias psicológicas sociales, Interacción humano-robot, Robótica social, Tiempo de interacción, Robots mascota.

Applying psychological and social strategies to increase engagement in human-robot interaction

Abstract

Social robotics faces the challenge of designing robots that are useful to society, can be used frequently, and that people trust. This problem can be addressed by developing robots with a high degree of bonding and engagement with their users. We propose to apply various strategies related to social psychology and game theory in the field of social robotics. The goal is to achieve bonding between the robot and its users, producing longer interaction times to increase the use of the robot on a daily basis. The combination of the different strategies focuses on developing social robots that facilitate and promote interaction with their users. As a novelty in this work, psychological strategies are incorporated in the field of social robotics. Specifically, to improve the utilization and engagement in our Mini social robot. Besides, we show the results obtained in the validation of the method in experiments performed by 21 elderly participants. These results demonstrate the usefulness of our system to increase the interaction time with the robot during entertainment sessions.

Keywords: High-level human-robot engagement, Psychological strategies, Human-robot interaction, Social robots, Interaction time, Pet robots.

*Autor para correspondencia: sacarras@pa.uc3m.es

1. Introducción

A principios del siglo XX, según D. Volkow (2004), la sociedad pensaba que las personas que presentaban conductas adictivas carecían de moral y fuerza de voluntad. Este concepto era erróneo, y se fue corrigiendo de manera progresiva con el paso de los años. Así, hacia la segunda mitad del siglo XX, se empezó a relacionar las adicciones con el comportamiento del cerebro. Gracias a estos descubrimientos, hoy en día se califican como un trastorno que afecta al cerebro y modifica su comportamiento. La adicción se puede definir como una conducta repetitiva que resulta placentera (al menos en las primeras fases) que genera cierta pérdida de control en el sujeto, provocando una interferencia con la vida cotidiana (Becoña, 2016). Además, actualmente, el término adicción no solo se relaciona con el consumo de drogas, sino también con otras actividades como pueden ser los juegos o las redes sociales. El comportamiento humano en estos procesos adictivos, en particular en el mundo digital, tiene mucha relación con la teoría del conductismo que estudió el psicólogo Skinner (1965).

La teoría del conductismo se utiliza en el mundo digital y tecnológico. En la actualidad, los desarrolladores de productos aplican diversas conjunciones de estrategias psicológicas con el objetivo de aumentar el llamado *enganche* –término que proviene del anglosajón *engagement* y se basa en generar un vínculo emocional entre el producto y el usuario—. Por ejemplo, en los videojuegos gratuitos, los creadores emplean diversos objetos o premios, que requieren que el usuario invierta dinero o tiempo en el juego para poder conseguirlos (Volkow et al., 2011). Estas técnicas no solo se utilizan en videojuegos, sino que se aplican en diferentes ámbitos con el objetivo de atraer a los usuarios. Otro ejemplo de estas estrategias pueden ser los anuncios en el *champi*, que prometen resultados para la caída del cabello; las redes sociales, con las diferentes recompensas; o las máquinas de los casinos, con distintos estímulos. Estas últimas están diseñadas para que perdamos dinero, pero la posibilidad de que toque hace que el juego se vuelva adictivo (Zach et al., 2020).

La principal contribución de este trabajo radica en aplicar estas estrategias y sus combinaciones en la robótica social —campo en el que se desarrolla la presente investigación—. En nuestra búsqueda, no hemos encontrado ningún trabajo que haya profundizado en aplicar estas técnicas con el objetivo de obtener un alto grado de vinculación entre el robot y sus usuarios. Además, hasta la fecha, pocos robots sociales han alcanzado el uso masivo que han logrado otros dispositivos inteligentes como el teléfono móvil o las redes sociales. Por tanto, en este artículo, presentamos cómo aplicar estas estrategias en un robot social real, pretendiendo aumentar el grado de vinculación con sus usuarios durante las sesiones de interacción.

La organización del resto del artículo es la siguiente. La sección 2 presenta las estrategias psicológicas y sociales estudiadas para generar alto grado de vinculación entre los usuarios y el robot. La sección 3 describe la implementación de estas estrategias en el robot social Mini. La sección 4 muestra un ejemplo de cómo se aplican las estrategias durante la interacción con los usuarios. A continuación, la sección 5 describe la metodología de evaluación de la arquitectura en experimentos con usuarios de avanzada edad. Después, muestra los resultados de dichos experimentos, su validación estadística y la discusión

de los resultados. La sección 6 describe las limitaciones de este trabajo y sus posibles soluciones como trabajos futuros. Para finalizar, la sección 7 enumera las principales conclusiones de este trabajo.

2. Estrategias psicológicas para aumentar el vínculo

Esta sección describe las estrategias psicológicas y sociales que se proponen implementar en la robótica social, enumerando sus conceptos clave. Hay que tener en cuenta que estas estrategias pretenden afectar en el ánimo, las emociones y la motivación de los usuarios. Por lo tanto, son el origen de diversos impulsos y deseos que influyen en la conducta. En humanos, estos impulsos se generan a través de la dopamina, un neurotransmisor cerebral con influencia en la activación y el refuerzo (Sapolsky, 2017). En otras palabras, es la sustancia que nos proporciona el empuje, en un momento de incertidumbre, necesario para realizar la acción cuando percibimos un estímulo determinado.

Estudios en neurociencia sugieren, por tanto, que nuestros actos dependen de las sustancias que nuestro propio cerebro fabrica a través de un complejo circuito para satisfacernos en momentos específicos. Utilizando este conocimiento, los expertos en técnicas de marketing ofrecen productos y servicios que contengan altas recompensas con el objetivo de que el usuario sienta el placer al utilizar el producto. De esta manera, a partir de las estrategias que generan una alta vinculación se busca producir un *hábito* de uso cuyo objetivo es que el usuario invierta el máximo tiempo posible con el producto.

Se define el concepto *hábito* como un impulso de acción sobre un comportamiento con poco o ningún pensamiento consciente. La acción, por lo general, es rápida y repetitiva (Charles Duhigg, 2015). Normalmente, se convierten en una rutina y el cerebro toma la decisión de realizar la tarea por sí solo. Los productos que consiguen generar un hábito en sus consumidores cuentan con más probabilidades de éxito en el mercado. Este concepto proviene de las fases definidas en el modelo de Hook (Eyal and Hoover, 2014) e influye directamente con el aumento del vínculo con el usuario.

En la literatura, se pueden encontrar más de una veintena de estrategias psicológicas que aumenten el grado de vinculación con el usuario. En este artículo, se describen nueve debido a que según nuestro punto de vista son las más aplicables en la robótica social. Las estrategias descritas tienen como objetivo encontrar una motivación para que el usuario se comprometa con el robot, aumentando su tiempo de uso, generando una experiencia positiva e intentando crear un hábito. A continuación, presentamos las estrategias de alto grado de vinculación utilizadas en este trabajo. En la sección 3, se describe como estas estrategias se han integrado en el robot social Mini para el estudio de robótica social que permite incrementar el vínculo y *enganche* con el robot.

2.1. Recompensas variables

Esta estrategia resulta del conductismo de Skinner (Skinner and Ardilla, 1975), y tiene como premisa conseguir que ciertos animales reprodujeran un tipo de comportamiento específico a partir de recompensas. Para ello, inventó la «cámara de condicionamiento operante», o más conocida como «caja de

Skinner». Esta caja contenía diversos mecanismos –por ejemplo, una palanca– que los animales debían manipular. Al presionar la palanca se recibe una recompensa, generalmente comida. Recibir el alimento es un estímulo positivo que favorece el aprendizaje que pretende reforzar el experimento. Al principio, el animal acierta por casualidad y posteriormente aprende. Esto se llama aprendizaje por refuerzo. Para que funcione, debe tener una recompensa más o menos inmediata y satisfactoria. En otras palabras, el refuerzo debe ser agradable. Tras probar recompensas en diferentes magnitudes e intervalos de tiempo, Skinner y su equipo descubrieron que si la frecuencia de la recompensa era variable, los animales pulsaban la palanca más frecuentemente, incluso de forma impulsiva.

Las recompensas variables son una de las estrategias más poderosas para aumentar el vínculo con el usuario. Son esenciales para poder establecer el principio de un hábito. Consisten en recibir una compensación física o emocional de manera aleatoria. Su objetivo es crear incertidumbre en el usuario, haciendo que busque la novedad en su entorno sin quedar nunca satisfecho.

Su uso en robótica social puede ser muy amplio. Se puede premiar a los usuarios de manera variable al completar tareas o al explorar determinadas funcionalidades. Además, durante la interacción con el robot, se puede ofrecer al usuario información relacionada y relevante para él (*recompensa de información*). Otro ejemplo podría ser que el robot otorgue al usuario de manera aleatoria diferentes medallas que se obtienen al alcanzar ciertos logros como un tiempo de interacción elevado y continuado.

2.2. Suerte del principiante

La suerte del principiante consiste en halagar al usuario las primeras veces que utiliza el producto o aplicación independientemente de si el resultado ha sido satisfactorio o no (Lane, 2015). Podemos observar el efecto de este fenómeno en los casinos, donde uno de los principales métodos para atraer a los clientes es que obtengan una buena racha desde el principio (Griffiths, 2010). Sin embargo, si los resultados al empezar un juego son negativos, es decir, se dificulta la interacción, probablemente el usuario no genere una vinculación con el juego o producto. Otro ejemplo es la capacidad que tiene los buscadores de información de proporcionar resultados inmediatos e interesantes en un tiempo reducido. Existen buscadores que incluso contienen botones indicando al usuario que *Va a tener suerte* en su búsqueda. Esto provoca que los usuarios vuelvan a emplear el mismo buscador. Lo mismo ocurre en muchas aplicaciones móviles de interacción social, cuando el usuario se hace un perfil, rápidamente se le presentan otros perfiles para despertar el interés.

En robótica social, se puede aplicar esta estrategia halagando al usuario al completar los juegos, independientemente del resultado obtenido. Además, se pueden desarrollar diferentes juegos con distintos niveles de dificultad que permita al usuario sentir la recompensa social. Otra aplicación sería llamar la atención con una broma o un cumplido a un usuario nuevo.

2.3. Estímulos supernormales

Este concepto es ampliamente estudiado en biología y psicología cognitiva por diversos autores (Costa and Corazza,

2006; Barrett, 2010; Morris et al., 2013). Consiste en exagerar las cualidades naturalmente atractivas para las personas con el objetivo de generar hábitos de consumo excesivos y producir una respuesta mayor que los estímulos normales. En otras palabras, es una versión exagerada de un estímulo para el que ya existe una tendencia en nuestro cerebro, o que provoca una respuesta de mayor impacto en nuestro sistema de recompensa con respecto a la que produce un estímulo normal.

Por ejemplo, la llamada comida basura —alimentos que crean un gran apetito por su aspecto y sabor— es perjudicial nutricionalmente para nuestro organismo. Sin embargo, genera un gran enganche debido a una especial combinación de grasas, sal y azúcar de una forma escasa en la naturaleza. En tecnología digital, este efecto se consigue con filtros en imágenes y vídeos, generando caras con mayor grado de simetría. Además, los filtros de las imágenes que encontramos comúnmente en las redes sociales exageran los rasgos que nos resultan naturalmente atractivos. Asimismo, las redes sociales son un estímulo supernormal por la cantidad de información que se puede recibir del resto de personas y por la posible validación de nuestro perfil, esto hace que el cerebro interprete la participación en las redes como algo valioso.

En este sentido, los robots pueden diseñarse con la forma de una mascota doméstica, pero exagerando algunas preferencias. Por ejemplo, un robot inspirado en la forma de conejo, pero con unos ojos más grandes. Asimismo, se puede revestir al robot con una tela que resulte agradable para el tacto humano.

2.4. Acumulación de tentaciones

Esta técnica se basa en la generación de hábitos del «principio de Premack» (Homme et al., 1963; Knapp, 1976). Este principio intenta inducir un comportamiento que se pretende instaurar en combinación con una actividad placentera que al usuario ya le gusta hacer. En otras palabras, es la unión de una acción que el usuario realiza con una acción que el usuario necesita hacer. Es más fácil que el usuario proceda una obligación si lo une a una actividad que disfrute. Por ejemplo, a una persona que le encanta la música, pero odia hacer ejercicio, una vía fácil para fomentar el ejercicio es que lo realice escuchando música. Esta estrategia intenta hacer los deberes de una persona más atractivos mediante la unión de distintos hábitos (Clear, 2018).

Existen muchas alternativas de aplicación a robótica social, por ejemplo, estudiar las aficiones y los gustos de cada usuario se podrían combinar con diferentes actividades cognitivas. Por otro lado, el robot podría proponer diferentes actividades más manuales semejantes a las que realizan en las terapias de las residencias o centros de día. Por ejemplo, jugar al bingo, completar puzzles, realizar crucigramas o escuchar música. De esta manera, aumentamos el uso del robot (comportamiento que se pretende instaurar) con actividades que realizan los usuarios en su vida diaria (actividades manuales).

2.5. Alta frecuencia de acciones

Un hábito se hace firme cuantas más veces se repite, pero se debilita cuando se rompe la cadena de repetición del mismo. Esta estrategia se enmarca en el paradigma del aprendizaje operante de Skinner y permite crear distintas conductas a partir de comportamientos que ya se encuentran disponibles en el

usuario. Así, las redes sociales, instaladas en los teléfonos inteligentes, notifican a los usuarios varias veces al día con el objetivo de incentivarlos a abrir la aplicación. Este mismo ejemplo, lo aplican diversos juegos con sonidos y notificaciones visuales (Kim et al., 2016; Peper et al., 2018; Nasti et al., 2021). Otro ejemplo, son las máquinas de los casinos, que emplean diferentes estímulos usando botones, sonidos y/o luces que atraen la atención del usuario.

En este caso, una de las aplicaciones en robótica social es la posibilidad de tratar que el usuario adquiera un rol más activo e interactivo. Por ejemplo, el robot puede proponer diversas actividades como realizar ejercicio físico, ejercicios cognitivos o realizar manualidades guiadas. Además, el robot se podría comparar con una mascota que requiera diferentes cuidados de manera frecuente. Para comunicar estos cuidados se podría utilizar la capacidad multimodal que el robot tiene.

2.6. Minimizar la fricción de uso

La fricción se define como un obstáculo que dificulta a un usuario utilizar el producto desarrollado. Por tanto, hace referencia a cómo de fácil es utilizar el producto. La fricción puede producirse por falta de familiaridad o errores de diseño. Suele ocurrir cuando el usuario utiliza el producto por primera vez. Para evitar dicha fricción, es necesario que la utilización del producto no genere una fatiga física y mental. En otras palabras, el producto debe ser intuitivo para producir una mayor vinculación con el usuario.

Las nuevas tecnologías han evolucionado las interfaces hombre-máquina con el objetivo de resolver distintos problemas como conseguir un menor esfuerzo por parte del usuario. Son más fáciles de usar, con menos elementos de fricción. Un ejemplo de esta estrategia consiste en reducir los tiempos de carga de las aplicaciones, los retrasos en las comunicaciones o los errores imprevistos (Lemieux and McDonald, 2020).

Por ello, es clave que en robótica social los tiempos de carga entre las diferentes actividades del robot sean bajos y las respuestas del robot en cada turno comunicativo sean fluidas y rápidas. Además, todo comportamiento del robot debe ser lo más intuitivo y natural posible para el humano con el que la plataforma está interactuando. En suma, se tratará de evitar el uso de manuales de instrucciones y largas fases de configuración.

2.7. Sentimiento de utilidad

Sentirse útil en un área determinada conduce a una mayor adhesión (Ezatollah Ghadampour, 2017). Este concepto fue enunciado por Frankl (2014), y proponía que la voluntad sea la motivación principal del ser humano. En este sentido, es habitual que el ser humano, al cuidar de los animales domésticos, experimente esta sensación.

Su aplicación en robótica social puede consistir en diseñar robots que imiten el comportamiento de mascotas para que el usuario deba proporcionar distintos cuidados al robot. De esta forma, el usuario podría experimentar la sensación de utilidad. También, se puede potenciar la interacción con sus seres queridos programando de forma automática videollamadas (Carrasco-Martínez et al., 2021). De esta forma, es posible que incremente su sentimiento de utilidad y comunidad al verse incluidos en la nueva sociedad.

2.8. Hacer visible el hábito creado

Esta estrategia consiste en valorar el esfuerzo que ha realizado el usuario. Pertenece al último paso del método de Hook. Por tanto, los desarrolladores deben intentar generar instantes donde la sensación de que el tiempo invertido en la actividad o producto es útil (Eyal and Hoover, 2014).

Hay varias formas de aplicar esta estrategia en la robótica social. Una forma puede ser recordando al usuario la cantidad de acciones o habilidades que ha podido aprender durante el tiempo de interacción con el robot. Premiar al usuario al realizar una actividad o recordar al usuario que gracias a la interacción con el robot ha podido mantener contacto con sus familiares y amigos.

2.9. Coleccionismo y sistema de logros

Este concepto es ampliamente aplicado en los videojuegos y consiste en la capacidad que tiene el producto de proponer y obsequiar al usuario con diferentes objetos cuando éste consigue un determinado nivel o marca personal (Ruckauer, 2016). Consiste en recompensar al usuario con una recompensa variable que pueda ser fácilmente coleccionable. Por ejemplo, en los videojuegos existen cofres diarios y semanales que el usuario puede conseguir invirtiendo su tiempo jugando. Asimismo, estos logros o premios normalmente quedan registrados en las aplicaciones, a esto se le llama coleccionismo.

En robótica social, se puede premiar al usuario al realizar diferentes actividades. Para aplicar el coleccionismo se puede hacer un sistema de armario. El cual recoge los objetos que el usuario gane y los muestra por pantalla.

Las estrategias propuestas se pueden clasificar en distintos temas según su aplicación en el robot. A continuación, se clasifican las estrategias en aquellas que afectan al diseño físico del robot, las que afectan al diseño software y las que pretenden influir en las acciones del usuario.

- Las recompensas variables, los estímulos supernormales, el coleccionismo y el sentimiento de utilidad son estrategias que se relacionan con el diseño físico del robot ya que dependen directamente de la visión que el usuario tiene de la plataforma. Por ejemplo, el tipo de tela que tiene el robot o la expresividad de los ojos.
- Las recompensas variables, la suerte del principiante, alta frecuencia de acciones, acumulación de tentaciones, hacer visible el hábito creado y coleccionismo y sistema de logros son estrategias que se relacionan con acciones de *software*. Estas recompensas utilizan el *hardware* del robot para poder expresar las reglas establecidas. Por ejemplo, las notificaciones de cada una de las variables de estado (ver sección 3.1).
- Las recompensas variables, suerte del principiante, sentimiento de utilidad y minimizar la fricción de uso se consideran herramientas que se relacionan con el diseño de las aplicaciones que generan una acción directa sobre el usuario. Se incluyen como herramientas con la finalidad de atraer al usuario a utilizar el robot de manera sencilla.

Tabla 1: Resumen las estrategias psicológicas de vinculación, su clasificación, descripción, e implementación en el robot.

| Estrategia | Clasificación | Definición | Implementación |
|---------------------------------|--|---|--|
| Recompensas variables | Diseño físico Diseño software | Variar el premio recibido para estimular la realización de acciones | Objetos físicos Sistema de retos |
| Suerte del principiante | Diseño software Acción sobre el usuario | Obtener éxito las primeras veces que se realiza una tarea | Actividades de entretenimiento |
| Estímulos supernormales | Diseño físico | Destacar aspectos físicos para que llamen la atención | Objetos físicos Diseño de periféricos de las actividades de entretenimiento |
| Acumulación de tentaciones | Diseño software | Fomentar el uso del robot creando tentaciones que estimulen al usuario | Sistema de retos |
| Alta frecuencia de acciones | Diseño software | Involucrar al usuario con el sistema mediante la realización de muchas acciones | Sistema de comunicación |
| Minimizar la fricción de uso | Acción sobre el usuario | Facilitar el uso de los sistemas para que los usuarios se sientan más cómodos | Actividades de entretenimiento Sistema de comunicación |
| Sentimiento de utilidad | Diseño físico Acción sobre el usuario | Hacer que el usuario se sienta útil al realizar sus acciones | Objetos físicos Actividades de entretenimiento |
| Hacer visibles el hábito creado | Diseño software | Recordar al usuario el tiempo de interacción y los méritos conseguidos | Sistema de comunicación |
| Coleccionismo y logros | Diseño físico Diseño software | Incrementar los objetos para realizar las acciones fomentando la exclusividad | Sistema de retos Sistema de comunicación |

3. Aplicación en el robot social Mini

En la actualidad, la robótica social se ha centrado en horizontes completamente distintos a conseguir un alto grado de vinculación con el usuario. Por ejemplo, en interacción humano-robot, la estimulación cognitiva de personas mayores (Cobo Hurtado et al., 2021) o la toma de decisiones autónoma (Maroto-Gómez et al., 2022) están obteniendo una gran relevancia. Sin embargo, la mayoría de contribuciones no consideran el papel fundamental de los usuarios ni la necesidad de engancharlos en la interacción. En este trabajo nos centramos en crear un vínculo con el usuario con el objetivo de maximizar el tiempo de interacción. Para ello, se desarrollan diferentes herramientas, descritas en los siguientes apartados, que implementan las estrategias presentadas en la sección 2. Estas estrategias se implementan en el robot social Mini (Salichs et al., 2020), creado en el laboratorio de robótica social de la Universidad Carlos III de Madrid. Mini tiene la finalidad de entretener e interactuar con usuarios de avanzada edad, intentando disminuir su sentimiento de soledad. El robot es capaz de realizar actividades de entretenimiento como juegos o mostrar vídeos y fotos. Estas actividades las puede realizar gracias a su capacidad de interacción multimodal, transmitiendo la información por diferentes interfaces como la tableta, la voz o los gestos.

La implementación de las estrategias de alta vinculación se realiza intentando asemejar el robot social Mini a una mascota con el objetivo de involucrar al usuario con el robot. Esta semejanza puede tener un carácter positivo en aspectos psicológicos

y físicos del usuario (Gómez et al., 2007). Numerosos estudios han concretado que la compañía de los animales beneficia el estado de salud de sus cuidadores (Baun et al., 1984; Garrity et al., 1989). Esta idea puede resultar familiar gracias al Tamagotchi (Ronderos, 2000), juguete electrónico comercializado por Bandai. Existen numerosas aplicaciones para dispositivos inteligentes que simulan el comportamiento de una mascota. Estas aplicaciones consisten en el cuidado y alimentación de la mascota virtual con el objetivo de generar un alto grado de vinculación con el usuario. La principal ventaja de aplicar un sistema equivalente en la robótica es que encontraremos el robot como una figura real a la cual se le puede proporcionar diferentes cuidados como caricias o distintos objetos físicos.

El desarrollo de las estrategias psicológicas se divide en necesidades, actividades, sistema de ranking, sistema de objetos y sistema de retos diarios, como muestra la Figura 1. Estos módulos aportan una o varias técnicas que generan alto grado de vinculación entre el robot y el usuario. Los siguientes apartados profundizan en la implementación de estas técnicas en el robot, presentando la Tabla 1 a modo de resumen. Al aplicar estos sistemas, el papel del usuario se convierte en activo, es decir, el usuario debe cubrir las peticiones del robot a partir de la interacción. De esta manera, intentamos conseguir que el usuario tenga más afecto con el robot y aumente el tiempo de interacción.

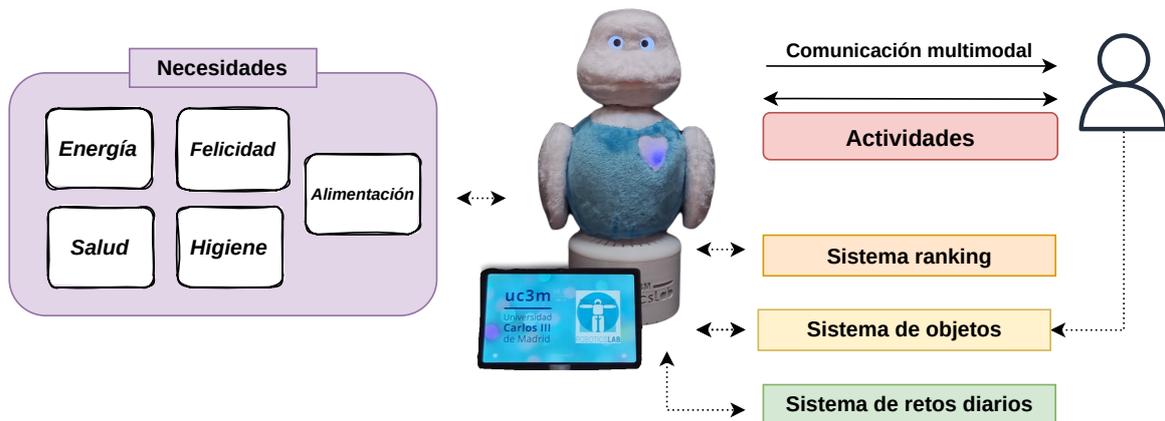


Figura 1: Diagrama de los elementos software desarrollados en este trabajo mediante estrategias psicológicas de alto grado de vinculación

3.1. Necesidades

Algunos robots mascota desarrollados anteriormente presentan forma de animales o peluches emulando movimientos y sonidos biológicamente inspirados para entretener a los usuarios. Por ejemplo, Paro (Shibata et al., 2011) o Aibo (Tamura et al., 2004). El robot Mini se diferencia de ellos en la cantidad de actividades que puede realizar con el usuario y en la forma de interacción. Para el desarrollo de las estrategias de alto grado de vinculación simulamos en el robot social Mini variables biológicas que representan el estado del robot buscando el similitud con una mascota.

El trabajo presentado por Broom (1991) analiza las variables implicadas en el bienestar animal. Utilizando estas variables, convertimos a Mini en una mascota a la que el usuario debe proporcionar diferentes cuidados. El estado del robot se determina a partir de cinco variables —también denominadas a lo largo del artículo como necesidades—. Se representan por un nombre y un nivel de variación, el cual indica el déficit de cada variable. Fluctúan a lo largo del tiempo y dependen de las diferentes actividades que el usuario realiza y de que el usuario administre objetos (tarjetas electrónicas que representan comida, bebida, medicinas, utensilios de higiene o vitaminas) para reducir algunas necesidades. Además, se encuentran completamente relacionadas entre sí. En otras palabras, Mini se comportará como una mascota física que requiere diferentes cuidados y los expresa de manera virtual utilizando su capacidad de comunicación multimodal. Para concretar el nivel de evolución de cada una de las variables, se realizó un análisis de las utilizadas en los juegos *online* como *POU*¹ y *My Tamagotchi Forever*². A continuación, se detalla cada una de las variables de estado incluidas en nuestro modelo y su cometido.

A. Energía: es la variable encargada de determinar la cantidad de ganas que tiene Mini de realizar actividades con el usuario. Este nivel se asemeja a la batería de un dispositivo. Se relaciona con las actividades que se ejecutan a

lo largo de la interacción con el usuario. Asimismo, modifica la reactividad del robot. De esta forma, si el nivel de energía es alto, el robot interactúa y propone diversas actividades al usuario. Si el nivel de energía es bajo, el robot está menos activo representando cansancio. Las técnicas de compromiso más relevantes son:

- **Alta frecuencia de acciones:** se realizan diversas llamadas de atención al usuario recordando el tiempo interactuado y se proponen diversas actividades para aumentar el tiempo de uso.
- **Estímulos supernormales:** el nivel de energía aumenta de manera inmediata al suministrar distintos objetos como las vitaminas. Este aumento de nivel produce gratificación en el usuario debido a que puede seguir utilizando el robot.
- **Sentimiento de utilidad:** mantiene al usuario entretenido realizando diversas actividades de ocio y entretenimiento.
- **Acumulación de tentaciones:** se proponen realizar actividades cotidianas de la vida de las personas de avanzada edad con el robot. Por ejemplo, actividades que realizan en los centros de día o residencias como puede ser colorear o jugar al bingo.

B. Alimentación: esta variable determina el apetito que tiene el robot durante la interacción. El objetivo principal es que el usuario se sienta útil al poder alimentar de manera ficticia al robot. La alimentación del robot se realiza con diferentes objetos (ver Sección 3.3). El usuario es el encargado de proporcionar los diferentes objetos al robot con el objetivo de disminuir la necesidad. Dependiendo el tipo de alimento suministrado, la necesidad disminuye un valor distinto. Con esta variable se puede identificar las siguientes estrategias de alta vinculación:

¹POU: <http://www.pou.me/>

²My Tamagotchi Forever: <https://cutt.ly/STXsQK1>

- *Sentimiento de utilidad*: el usuario debe estar pendiente de la alimentación del robot. Este sentimiento florece cuando se proporcionan los diferentes objetos para aumentar el nivel de alimentación. El robot notifica su estado a través de la voz y la tableta. La ausencia del usuario durante un determinado tiempo provoca que el nivel disminuya.
- *Estímulos supernormales*: los objetos creados exageran las características de los objetos reales a los que identifican para llamar la atención del usuario.

C. Felicidad: es la variable encargada de contabilizar el afecto del usuario hacia el robot. Para aumentar esta variable, es necesario que el usuario realice diferentes actividades. En otras palabras, el usuario debe pasar el máximo tiempo posible con el robot. Esta necesidad contiene las siguientes estrategias psicológicas:

- *Alta frecuencia de acciones*: el robot notifica continuamente su estado. Es muy proactivo si el nivel de felicidad es alto, de esta manera se simula que el robot está contento.
- *Estímulos supernormales*: el robot está recubierto de diferente pelaje similar a un peluche, lo que provoca que el usuario se anime a tocarlo.
- *Recompensa variable*: premia al usuario mediante objetos o recompensas de información cuando el nivel de felicidad es alto. Además, recuerda que el tiempo invertido durante la interacción es útil para el usuario porque realiza diferentes actividades de estimulación.

D. Higiene: se relaciona con la capacidad de asear que el usuario debe proporcionar al robot de manera ficticia. Esta variable lleva asociada diferentes objetos de higiene. Las técnicas de alta vinculación más importantes aplicadas con esta variable son:

- *Recompensa variable*: premia al usuario mediante objetos o recompensas de información cuando se completa la tarea de higiene.
- *Sentimiento de utilidad*: simula el cuidado de una mascota por lo que el usuario se siente útil al realizar la acción de limpieza. Se utilizan diversos objetos y se comunica al usuario la realización de las secuencias mediante diferentes medios. El robot notifica continuamente su estado. Es muy proactivo si el nivel de felicidad es alto, de esta manera se simula que el robot está contento. El nivel de limpieza disminuye cuando el usuario no se encuentra presente.

E. Salud: esta variable emula la salud del robot. Esta necesidad mantiene al usuario activo y pendiente del estado de bienestar de su mascota robótica. Dentro del área de la salud, se identifican dos tipos de objetos: las vitaminas, que aumentan de manera inmediata una necesidad o variable de estado, y la medicina, que aumenta el estado de salud. Con esta variable aplicamos las siguientes estrategias de alto grado de vinculación:

- *Estímulos supernormales*: el usuario siente gratificación al poder aumentar de manera inmediata el estado de salud del robot para poder seguir realizando diversas actividades.
- *Recompensa variable*: premia al usuario mediante objetos o recompensas de información cuando se completa la tarea de higiene.
- *Sentimiento de utilidad*: simula el cuidado y atención de una mascota. El usuario debe estar atento de la salud del robot y proporcionarle el medicamento adecuado. El nivel de salud disminuye cuando el usuario no se encuentra presente.

3.2. Actividades de entretenimiento

Para mejorar el repertorio de entretenimiento del robot, se han desarrollado actividades o juegos donde se implementan las estrategias psicológicas con el fin de aumentar el vínculo entre el usuario y el robot. El aspecto más importante de este bloque es que las actividades propuestas no olvidan la cometido del robot, por lo que se basan en el bienestar, tanto físico como mental, del usuario. Por ello, se apuesta por actividades manuales que utilizan como plataforma de apoyo al robot, es decir, el robot guía al usuario para conseguir realizar la actividad.

Para el escenario de interacción (véase la sección 4) y el experimento de evaluación (véase la sección 5) que se presentan en este trabajo, se han desarrollado las siguientes actividades de entretenimiento.

- *Pinta y colorea*: el robot guía al usuario para colorear dibujos mostrando en la tablet un patrón sobre el color que tiene que utilizar en cada parte del dibujo.
- *Realiza un puzzle*: el robot contiene un repertorio de puzzles y le indica al usuario el tipo de puzzle y la solución a encontrar.
- *Juegos de memoria*: el robot propone diversos problemas visuales o laberintos para que los resuelva el usuario.
- *Juegos que incluyen botones* para estimular el uso del robot como atrapa a los topos o el *Simón dice*.

Todas las actividades que están incorporadas en el robot social Mini tienen la capacidad de reducir las necesidades del robot. Las actividades previas que disponía el robot, como por ejemplo, ver fotos, escuchar música, o ver vídeos, se utilizan para determinar las variables aunque no presentan estrategias vinculadas. La principal diferencia con las nuevas actividades es que en estas últimas se tiene en cuenta las distintas técnicas redactadas de alto grado de vinculación. Por ejemplo, indican el nivel de dificultad de cada juego (*sentimiento de utilidad*), las puntuaciones de los usuarios (*coleccionismo o sistema de logros*) o la *recompensa variable* que los usuarios reciben. Asimismo se minimiza la *fricción de uso* y se busca la *acumulación de tentaciones* realizando actividades más manuales y competitivas.

3.3. Objetos físicos

Los objetos físicos son creados para satisfacer las necesidades del robot y mejorar su estado. Estos objetos son balizas electrónicas con un ID propio que el robot es capaz de identificar. El usuario debe proporcionar dichos objetos al robot con el objetivo de mejorar el estado de las necesidades.

Existen diferentes categorías de objetos como alimentos y bebida, utensilios de higiene o medicinas. Los valores que determinan la variación que aporta cada objeto a las necesidades del robot fueron obtenidos de los juegos *POU* y *My Tamagotchi Forever*. Para incrementar la variable de alimentación, se ha creado objetos como una hamburguesa o una botella de agua. Para reducir la necesidad de higiene, existen utensilios como un cepillo o jabón. Para aumentar el nivel de salud, existen los medicamentos o las vitaminas. Además, algunos objetos que modifican varias variables a la vez. Por ejemplo, si al robot le proporcionamos un caramelo, aumenta el estado de alimentación y de felicidad. De igual manera, si el robot detecta que el usuario le ha proporcionado una multivitamina aumentan todas las variables.

El usuario dispone de una cantidad limitada de objetos al principio de la interacción. Esta cantidad se modifica a lo largo de la interacción con el robot. Por lo consiguiente, se aplica la estrategia de *recompensas variables*. El robot premia al usuario desbloqueando una cantidad de objetos aleatoria. En otras palabras, los objetos que sacian las necesidades del robot se consiguen mediante puntuaciones y la realización de diferentes juegos o actividades. La primera interacción con el robot establece una cantidad aleatoria de cada objeto, entre 0 y 4 elementos que varía a lo largo de la interacción. El número de elementos de cada objeto disminuye cuando el usuario se lo proporciona al robot. Como se ha comentado anteriormente, el usuario debe pasar tiempo con el robot para conseguir los diferentes objetos y aumentar el número de elementos. En el caso de que la interacción se pause porque el robot se duerma, la cantidad de objetos no varía. Esto provoca que la cantidad de los objetos varíen a lo largo de la ejecución según el usuario los va usando (por ejemplo, si el usuario dispone de dos botellas de agua y le da uno al robot, sólo le quedará uno salvo que logre desbloquear uno nuevo). Puede darse el caso de que un objeto no esté desbloqueado para ciertos usuarios. Por lo tanto, si el usuario se lo proporciona, el robot indica que ese objeto no se encuentra disponible. Existe una aplicación que muestra la cantidad de objetos disponibles, de esta manera se utiliza la estrategia de *coleccionismo*.

3.4. Sistema de retos

Este bloque asigna actividades variables y diarias al usuario con el objetivo de buscar el *sentimiento de utilidad* al completar cada uno de ellos. Una vez conseguidos, el robot proporciona una *recompensa variable*. Los retos se muestran como tres actividades del repertorio. Destaca por la variabilidad y la incertidumbre de los retos. Este sistema también se relaciona con la estrategia de *coleccionismo* y sistema de logros, ya que el usuario debe realizar diferentes tareas con el objetivo de conseguir distintas recompensas variables.

3.5. Sistema de comunicación

Es el bloque encargado de notificar al usuario con *alta frecuencia de acciones* el estado del robot. Utiliza la comunicación multimodal que posee el robot social Mini para hacer saber al usuario el estado en un determinado momento. Las notificaciones se expresan mediante diferentes gestos y actitudes dependiendo de las reglas asignadas.

4. Ejemplo de interacción con los sistemas implementados

Esta sección describe un ejemplo de interacción de Mini con un usuario utilizando las estrategias de alta vinculación. El ejemplo muestra la evolución temporal de las necesidades del robot durante una interacción de aproximadamente 22 minutos. El robot social Mini propone varias actividades al usuario. La primera actividad que se ejecuta en el ejemplo es ver fotos de paisajes (actividad sin estrategias implementadas, únicamente disminuye las variables según lo establecido). La segunda, jugar a un juego donde se incluyen técnicas de alto grado de vinculación —como pueden ser recompensas variables (premios, información, cantidad aleatoria de objetos), suerte del principiante, puntuaciones—. Por último, el usuario selecciona escuchar música en español (actividad sin estrategias implementadas). Asimismo, el usuario cubre aquellas necesidades que se presentan es decir, el usuario tiene el papel de cuidador por lo que suministra distintos objetos con la finalidad de saciar los déficit de cada variable. Al comienzo de la interacción, el usuario dispone únicamente de los siguientes objetos *nombre (cantidad)*. Alimentos: tomate (2), brócoli (3), zanahoria (2), sándwich (1). Utensilios de cocina: jabón (4) y cepillo (se puede usar siempre). Salud: medicamento (2) y multivitamina (1). Cada vez que usa un objeto, la cantidad de veces que puede volver a utilizarlo disminuye. Si es cero, el robot le indica que ese objeto no está disponible. A continuación, se detalla la evolución de cada variable de estado con las actuaciones del usuario y del robot (la Tabla 3 muestra la fluctuación de cada una de las variables de estado con las actividades u objetos proporcionados por el usuario), se realiza un recuento de los objetos y se explica la frecuencia de actualización de cada variable.

- Nivel de energía:** como se puede observar en la gráfica representada en la Figura 2, la variable de energía comienza en un valor de aproximadamente 75 puntos y va aumentando con el paso del tiempo debido a que el robot se encuentra dormido. Esta variable alcanza su máximo (100 puntos) y se mantiene hasta que el usuario despierta al robot. En la interacción con el robot se realizan tres actividades que disminuyen la variable. Se observa que el nivel de energía disminuye de manera diferente según las actividades realizadas. En primer lugar, el robot propone al usuario ver fotos. Posteriormente, el usuario selecciona el juego de Simón dice y, para finalizar la interacción, el robot propone escuchar música. Se observa que en el minuto 16 esta variable aumenta su nivel debido a que el robot se encuentra dormido. Esta variable, como se ha comentado anteriormente, puede aumentar con el suministro de diferentes objetos. En el caso del ejemplo, el usuario proporciona un brócoli que aumenta 2 puntos la

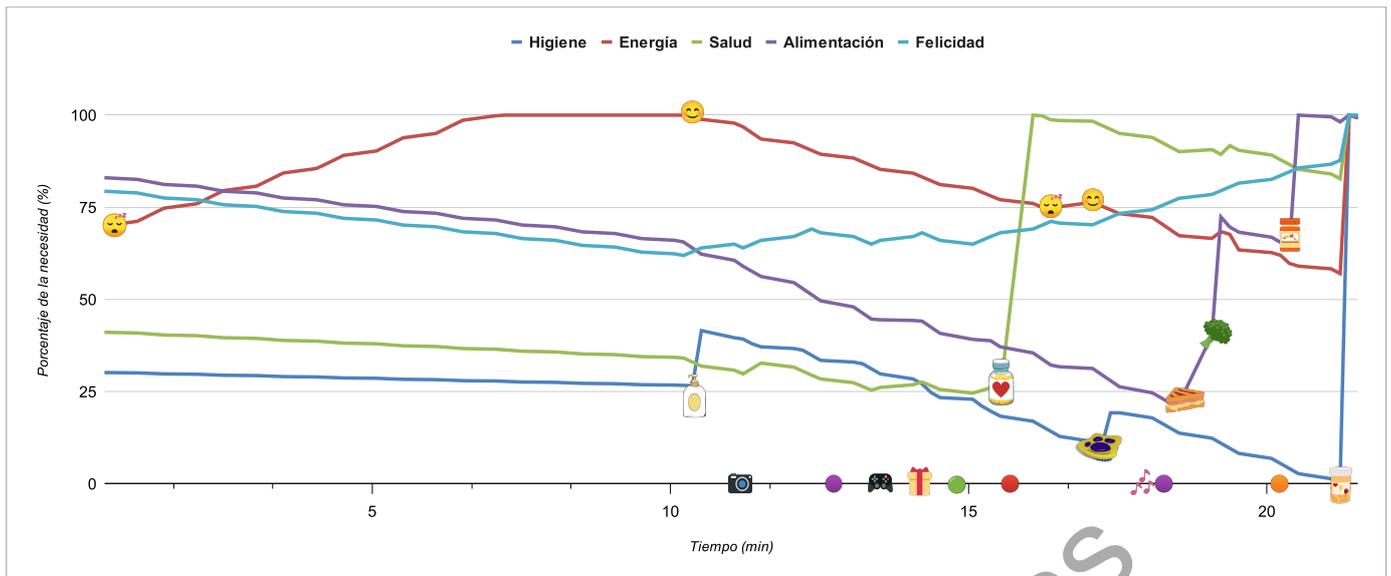


Figura 2: Variación del estado del robot en interacción de 22 minutos. El usuario proporciona diferentes objetos (emoticonos) para reducir las necesidades del robot. Además, el robot notifica (puntos de color) al usuario en determinados momentos qué necesita para mejorar su bienestar. Ver leyenda en la Tabla 2.

Tabla 2: Leyenda de la Figura 2.

| Imagen | Descripción | Imagen | Descripción | Imagen | Descripción |
|--------|------------------------------|--------|----------------------------|--------|------------------------------|
| | Robot dormido | | Objeto jabón | | Medicina |
| | Robot realizando actividades | | Objeto cepillo | | Objeto vitamina alimentación |
| | Notificación salud | | Objeto brócoli | | Objeto multivitamina |
| | Notificación felicidad | | Objeto sándwich | | Actividad ver fotos |
| | Notificación energía | | Recompensa variable física | | Juego Simón dice |
| | Notificación alimentación | | Escuchar música | | |

variable de energía. Por último, el punto de rojo representa una notificación del robot (notificación de energía) donde expresa que está empezando a estar cansado de realizar diferentes actividades.

- Nivel de higiene:** como se observa en la gráfica de la Figura 2, la variable toma un valor de partida de aproximadamente 30 puntos y va disminuyendo a lo largo de la ejecución. Cuando el robot está dormido, la variable disminuye. Aumenta cuando el robot identifica el objeto relacionado con el aseo. En ese instante explica al usuario la secuencia que debe realizar. Se observa que en el minuto 11 de la interacción el usuario suministra al robot una tarjeta electrónica que representa un jabón. Este suministro aumenta 15 puntos la variable. Asimismo, en el minuto 17 el usuario cepilla al robot aumentando la variable 9 puntos.
- Nivel de salud:** este nivel disminuye con el tiempo. Como se puede observar, el ejemplo comienza en 46 puntos y disminuye, mientras el robot se encuentra dormido a 37 puntos. El sistema de notificaciones (representado por el punto verde) avisa al usuario de que el estado de salud

se encuentra en un nivel menor o igual que 25 puntos. El nivel aumenta cuando se realizan diversas actividades relacionadas con reproducción multimedia, como ver fotos, aumenta el nivel de salud 1.8 puntos. Además, se encuentra relacionado con la alimentación. Cuando el usuario proporciona brócoli (comida saludable) al robot, este nivel aumenta 4 puntos. Para aumentar inmediatamente el nivel existen los medicamentos. En el ejemplo, el usuario le proporciona al robot uno en el minuto 16, esto provoca el aumento al máximo (100 puntos) de la variable. Relacionado con el bienestar del robot encontramos las vitaminas (objetos que aumentan de manera inmediata uno o varios niveles). Durante la interacción, el usuario proporciona en el minuto 20 una vitamina para la alimentación. El efecto de esta vitamina, como se puede observar, es aumentar el nivel de alimentación al máximo. Por último, se puede percibir que el usuario proporciona al robot una multivitamina en el minuto 22 que aumenta todas las variables al máximo (100 puntos).

- Nivel de felicidad:** en la Figura 2 esta variable comienza con 76 puntos que disminuyen mientras el robot se

Tabla 3: Fluctuación de las variables de estado al proporcionar objetos o realizar actividades con el robot.

| Actividad/Objeto | Energía | Higiene | Salud | Felicidad | Alimentación |
|-----------------------|---------|---------|-------|-----------|--------------|
| Ver fotos | -1.8 | -1.5 | +1.8 | +1 | -1.5 |
| Juego Simón dice | -1 | -1 | +1 | +1 | -0.5 |
| Escuchar música | -1.8 | -1.5 | +1 | +1 | -1.5 |
| Dormir | +1.3 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 |
| Jabón | 0 | +35 | 0 | +5 | 0 |
| Cepillo | 0 | +9 | +3 | +5 | 0 |
| Tomate | +1 | 0 | +2 | 0 | +23 |
| Brócoli | +2 | 0 | +4 | 0 | +35 |
| Zanahoria | +1 | 0 | +2 | 0 | +23 |
| Sándwich | 0 | 0 | 0 | 0 | +23 |
| Medicamento | 0 | 0 | +100 | 0 | 0 |
| Vitamina alimentación | 0 | 0 | 0 | 0 | +100 |
| Multivitamina | +100 | +100 | +100 | +100 | +100 |

encuentra dormido. La variable aumenta cuando el robot siente que el usuario le está prestando atención, es decir, cuando el usuario ve las fotos, juega con el robot o escucha música. Sin embargo, el nivel de felicidad disminuye cuando el usuario no hace caso al robot (tiempo decidiendo actividades o el usuario no se está presente). Esta variable también se encuentra relacionada con el suministro de alimentos. Dependiendo del tipo de alimentos suministrado. En el ejemplo, los alimentos suministrados aumentan 1 punto cada uno. El punto naranja de la gráfica de la Figura 2 corresponde a la notificación donde el robot agradece al usuario el tiempo invertido en la interacción (*hacer visible el hábito creado*).

- Nivel de alimentación:** como se observa en la Gráfica 2, la variable de alimentación, al igual que las anteriores, disminuye mientras que el robot se encuentra dormido. Esta variable comienza en 83 puntos y disminuye mientras el robot duerme hasta los 69 puntos. Al ejecutar las diferentes actividades (ver fotos, jugar y escuchar música) la variable disminuye. La manera de aumentar este nivel es suministrar diferentes alimentos al robot. Dependiendo del tipo de comida, el nivel aumenta de manera diferente. En el ejemplo se suministran dos. En primer lugar, se analizan los valores cuando se administra un *sándwich*, el nivel de alimentación aumenta en 23 puntos. En segundo lugar, se observa el aumento del nivel de alimentación cuando se administra un *brócoli*. Como se puede apreciar, el nivel de alimentación aumenta en 35 puntos (comida saludable), el nivel de energía 2 puntos y el nivel de salud 4 puntos. En la Figura 2, el círculo de color morado representa la notificación de alimentación que el robot expresa. La primera notificación, el robot tiene un

poco de hambre debido a que la variable se localiza debajo de los 50 puntos, mientras que en la segunda, el robot se encuentra muy hambriento, ya que la variable se halla por debajo de los 25 puntos. Después de recibir cada objeto de alimentación agradece al usuario el suministro de comida/bebida (notificación de recompensa, representada a partir de los emoticonos de los alimentos).

A lo largo de la interacción, el usuario ha proporcionado diferentes objetos quedando el recuento final *nombre(cantidad)* como: alimentos: tomate (2), brócoli (2), zanahoria (2), sándwich (0). Utensilios de baño: jabón (3) y cepillo (se puede usar siempre). Salud: medicamento (1) y multivitamina (0). Como se observa en la gráfica, después de realizar el juego de Simón dice, el robot premia al usuario con una recompensa variable. Estas recompensas son aleatorias y en este caso fue una vitamina para la alimentación. Esta vitamina la suministra el usuario en el minuto 20 de la interacción.

Las variables de estado del robot se actualizan con una frecuencia de 15 segundos. Esto significa que se analiza la actividad que el robot está ejecutando y dependiendo de ella se modifica el valor de variación de las variables. Estas variables cambian tanto con el paso del tiempo como con la administración de objetos. La Ecuación 1 representa como evolucionan las variables de estado del robot entre dos instantes de tiempo.

$$y(t + 1) = y(t) + \Delta a + \Delta o, \quad (1)$$

donde $y(t)$ es el valor actual de la variable. Δa corresponde a la variación de la variable debido a la actividad que el robot realiza y Δo es la variación de la variable por la exposición a objetos.

Como se ha mencionado anteriormente, los variaciones de las variables de estado por la realización de actividades y la

exposición a objetos se han obtenido de aplicaciones exitosas como POU o *MyTamagotchiForever*.

5. Validación de la propuesta

Esta sección describe el escenario experimental realizado para validar la aplicación de estrategias de alta vinculación y los resultados obtenidos. El estudio se basa en la metodología de un ensayo aleatorio controlado, en inglés, *Randomized Controlled Trials (RCTs)*. Esta metodología evalúa en qué medida se alcanza el impacto específico planteado. La característica principal de este tipo de ensayos es la distribución de manera aleatoria de las unidades entre los usuarios. En otras palabras, los usuarios no identifican a qué grupo de control pertenecen y no son conscientes si pertenecen al grupo de intervención o al grupo testigo, efecto placebo. Sin embargo, los investigadores sí que conocen los detalles. La variable estudiada para concluir la efectividad de la aplicación de diversas estrategias psicológicas es el tiempo que los usuarios interactúan con el robot, independientemente del grupo al que pertenezcan.



Figura 3: Configuración del experimento para la condición en la que se utilizaron estrategias de alta vinculación (C2) en una residencia de mayores.

5.1. Metodología

Para evaluar el alto grado de vinculación que produce al usuario las herramientas implementadas en el robot social Mini, se utiliza la variable tiempo. En otras palabras, el estudio realizado consiste en medir el tiempo de interacción con el robot. Para ello, se proponen dos condiciones:

- Condición básica (C1): el robot realiza diferentes actividades con los usuarios sin utilizar las estrategias de alto grado de vinculación. En una interacción sin emplear dichas estrategias, el usuario puede jugar a juegos de estimulación cognitiva, ver imágenes o escuchar música. Por ejemplo, no comenta las actividades de reproducción multimedia (*recompensa de información*) ni recuerda al usuario el tiempo útil invertido. En este caso, el usuario tiene un papel menos activo, ya que solo puede realizar los juegos propuestos, reproducir archivos multimedia o escuchar noticias.

- Condición de alta vinculación (C2): el robot utiliza como base la condición básica pero aplica las estrategias psicológicas explicadas en este artículo con el objetivo de aumentar el tiempo de interacción con el usuario. En una interacción C2, el usuario puede jugar y reproducir archivos multimedia de la condición básica. La diferencia principal entre ambas condiciones es la aplicación de todos los sistemas desarrollados cuyo objetivo es aumentar el tiempo de uso del robot.

Por lo tanto, todas las actividades que se realicen y el paso del tiempo fluctúan las variables de estado de bienestar (necesidades) del robot. Además, esta condición (C2) propone diversos juegos que incluyen las estrategias comentadas, como son recompensas variables, halagos o retos. En estas actividades el usuario obtiene un papel más activo, ya que son más manuales, como por ejemplo, realizar puzzles o colorear dibujos. Por otro lado, el robot social Mini en esta condición se asemeja a una mascota por lo que requiere los diferentes cuidados del usuario, explicados en secciones anteriores. El robot halaga al usuario y notifica su situación de bienestar con el objetivo de que el usuario reaccione.

En la Figura 3, se puede observar la configuración de la condición C2 del experimento. El robot social Mini se acompaña de diferentes objetos para que el usuario tenga un papel más activo durante la interacción. En la izquierda de la Figura 3, se puede observar que existe una plataforma con botones a partir de los cuales se han desarrollado dos juegos para que el usuario interactúe con ellos (*Simón dice* y *Atrapa a los topos*). Además, en la izquierda de la Figura aparecen los objetos desarrollados para cubrir las necesidades básicas del robot.

Los participantes del experimento fueron 21 personas todos mayores de 65 años. Cada participante fue asignado aleatoriamente a una de las condiciones, de forma que 11 realizaron la primera condición (C1) y 10 la segunda (C2). Para las pruebas, el robot Mini se colocó en una mesa de escritorio del despacho de una residencia de personas de avanzada edad. Los minutos previos al experimento, se explicó el concepto de robótica social y el funcionamiento del robot detallando las actividades que se pueden realizar dependiendo de la condición a la que pertenezca el usuario. A los usuarios pertenecientes a la condición de alta vinculación, se les detalló el sistema de objetos. Durante el experimento se interactuó con el robot de manera libre, sin instrucciones ni ayudas, el tiempo que el usuario determine. Esta variable de tiempo es la recogida por los investigadores para analizar los resultados del experimento. En el lado derecho, podemos observar diferentes piezas de puzzles y pinturas que corresponden a las distintas actividades manuales de alto grado de vinculación desarrolladas. En estas actividades el robot es una plataforma de ayuda para que el usuario complete el juego correspondiente.

5.2. Resultados

Para evaluar la hipótesis inicial de alto grado de vinculación –*engagement*– con el usuario, se midió el tiempo de interacción de cada usuario con el robot. Los tiempos de cada usuario se muestran en la Tabla 4. Para llegar a una conclusión óptima, se realiza el promedio μ de los datos y se calcula la desviación típica σ .

Como muestra la Figura 4, los participantes que interactúan con el robot sin integrar las estrategias de enganche (C1) lo hicieron con una media de $\mu_{C1} = 14,72$, $\sigma_{C1} = 3,06$ minutos. En cuanto a los usuarios que interactuaron con Mini aplicando las estrategias alta vinculación (C2), el tiempo medio de interacción fue de $\mu_{C2} = 25,10$, $\sigma_{C2} = 7,89$ minutos. Esta variación aproximada de 10 minutos entre ambas condiciones parece indicar que existe cierto aumento del vínculo con el usuario al aplicar las estrategias de alta vinculación.

La validación de los resultados obtenidos para comprobar nuestra hipótesis de que aplicar estrategias de enganche mejora el tiempo de interacción con un robot social se realizó mediante un análisis estadístico. En primer lugar, para comprobar que los datos seguían una distribución normal, se realizó la prueba de Shapiro-Wilks, ya que la muestra era de menos de 50 participantes.

Tabla 4: Tiempos de interacción durante las sesiones. La columna de la izquierda muestra los tiempos de los usuarios que utilizaron Mini sin estrategias (C1) y la columna de la derecha muestra los tiempos de interacción de las personas que utilizaron Mini con estrategias de alto grado de vinculación (C2).

| ID | Tiempo interacción | ID | Tiempo interacción |
|-----|--------------------|-----|--------------------|
| 001 | 14' | 012 | 29' |
| 002 | 21' | 013 | 31' |
| 003 | 15' | 014 | 30' |
| 004 | 20' | 015 | 23' |
| 005 | 16' | 016 | 40' |
| 006 | 14' | 017 | 20' |
| 007 | 16' | 018 | 14' |
| 008 | 11' | 019 | 28' |
| 009 | 13' | 020 | 19' |
| 010 | 18' | 021 | 17' |
| 011 | 14' | | |

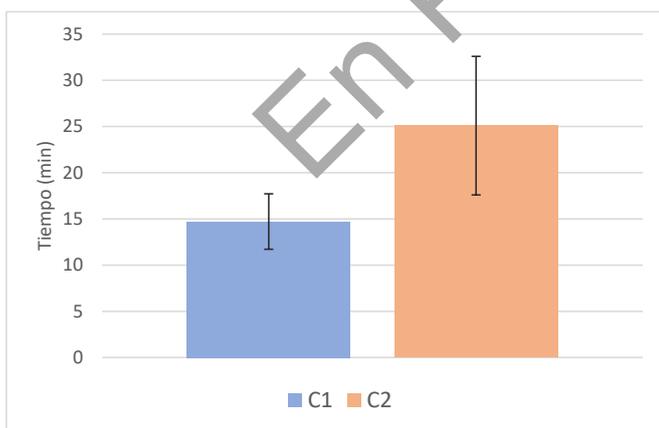


Figura 4: Representación gráfica de los resultados comparando los valores medios (y su desviación típica) de las dos condiciones evaluadas en el experimento de alta vinculación.

Para la condición básica (C1) se obtuvo un $p\text{-valor}_{C1} = 0,768$ y para la condición de alta vinculación (C2) un $p\text{-valor}_{C2} = 0,788$. Como ambos valores están por encima de

$p\text{-valor} > 0,05$, se puede afirmar que para ambas condiciones los datos siguen una distribución normal. Tras comprobar la normalidad, se realizó un test ANOVA unidireccional para dos muestras independientes considerando como variable dependiente los tiempos de interacción de los participantes y como factor de estudio si se utilizaron o no las técnicas de enganche propuestas en este documento. Por lo tanto, las hipótesis planteadas para la realización de este estudio fueron:

- Hipótesis 0 (H0): No existen diferencias significativas entre las medias de los participantes que usaron las técnicas de enganche y los que no las usaron.
- Hipótesis 1 (H1): Las medias de los dos grupos de participantes estudiados son significativamente diferentes entre sí.

Para considerar que existen diferencias entre ambas condiciones de estudio, el $p\text{-valor}$ obtenido debe ser inferior a $p\text{-valor} < 0,05$. En este caso, el test de ANOVA permite asegurar que existen diferencias significativas, ya que el $p\text{-valor} = 0,01$. Por lo tanto, este resultado indica que aplicar las técnicas de alto grado de vinculación en robótica social favorece tiempos de interacción más largos que su no aplicación.

6. Limitaciones y trabajos futuros

El trabajo propuesto presenta algunas limitaciones principalmente relacionadas con las estrategias de diseño y el ámbito experimental. A continuación, se enumeran las mismas y se proponen trabajos futuros para abordarlas.

En primer lugar, en la validación de la propuesta solo se ha analizado el tiempo de interacción entre el usuario y el robot. En el futuro, sería interesante analizar si los resultados se deben a un aumento del vínculo con el robot o por el hecho de que al incorporar las estrategias el usuario necesite más tiempo para completar la interacción. Este estudio se puede realizar a partir de la cuenta del número de actividades completadas, rechazadas y propuestas por el usuario. Asimismo, puede resultar interesante examinar otro tipo de variables para indicar la efectividad de las estrategias utilizando cuestionarios que midan el grado de vinculación de los usuarios con un producto. Es posible que algunos detalles como si los usuarios vuelven a usar la plataforma, el número de actividades completadas, la forma de interacción con los objetos o el uso del robot durante varias sesiones influyan en la percepción que los usuarios tienen sobre el robot y la creación del vínculo. Igualmente, sería interesante estudiar la relación existente entre el compromiso generado con el robot y el sexo/rango de edad de los usuarios.

Otra de las limitaciones presentes es la ausencia de una metodología de evaluación de qué estrategias psicológicas se deben aplicar en robótica social. En nuestro trabajo, hemos aplicado las estrategias que desde nuestro punto de vista podrían tener mayor relación con los robots sociales. Sin embargo, se podrían implementar otras diferentes u otras combinaciones. En trabajos futuros sería interesante estudiar diversas combinaciones con el objetivo de encontrar la más adecuada que aumente la interacción y el vínculo con el usuario.

Una mejora substancial de nuestro sistema sería ampliar el número de actividades y juegos que incluyan las estrategias de

alta vinculación. De esta forma, se presta al usuario mayor variedad de actividades que se pueden realizar con el robot social. Actualmente, el robot social Mini tiene un sistema de aprendizaje (Maroto-Gómez et al., 2022) que reconoce los gustos de los usuarios y se adapta a ellos. Sin embargo, nuestro sistema no se ha combinado aún con la adaptación al usuario. Se propone como trabajo futuro integrar ambas herramientas para mejorar la interacción humano-robot utilizando estrategias psicológicas de alta vinculación.

Por último, las necesidades simuladas en Mini fueron seleccionadas en base al estudio de Broom (1991). La evolución de estas variables y el efecto de objetos y actividades se definió en base a juegos que utilizan estas estrategias como POU o Tamagotchi. Sin embargo, no existen estudios de qué efecto deben producir estos objetos y actividades, por lo que los valores se han establecido de forma empírica para lograr que las variables del robot evolucionasen según nuestros intereses.

7. Conclusiones

En este artículo se ha analizado la literatura científica relacionada con estrategias psicológicas que aumenten el tiempo de interacción con los usuarios. Como se ha visto, estas estrategias son aplicables a diferentes desarrollos de productos y servicios con el objetivo de aumentar la vinculación con el usuario y crear un hábito de uso saludable. Se propone de forma novedosa la aplicación de estas estrategias en el campo de la robótica social, con el objetivo de evaluar la posible mejora de aceptación y uso del robot social Mini por parte de los usuarios.

El sistema propuesto y la evolución de las variables de estado del robot se muestra durante una interacción real de 22 minutos entre el usuario y el robot. La utilización del robot con semejanza a una mascota aporta características para brindar el sentimiento de utilidad al usuario. La evaluación de las pruebas realizadas en una residencia de personas de avanzada edad nos muestran un avance de la efectividad de la herramienta desarrollada. Pudiendo concluir que los resultados son favorables a la aplicación de las estrategias psicológicas.

No obstante, de cara a futuros estudios, sería conveniente ejecutar otros experimentos con el objetivo de analizar la aplicación de las estrategias en condiciones distintas para poder indicar la efectividad completa. Estos experimentos pueden ser la aplicación de estas estrategias en diferentes robots, con nuevos participantes, usuarios de distintos rangos de edades o culturas. Además, resultaría interesante analizar el impacto de la aplicación de cada estrategia individualmente en los participantes.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido apoyada por los siguientes proyectos: Robots Sociales para Estimulación Física, Cognitiva y Afectiva de Mayores (ROSES), RTI2018-096338-B-I00, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades; Robots sociales para mitigar la soledad y el aislamiento en mayores (SOROLI), PID2021-123941OA-I00, financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI), Ministerio de Ciencia e Innovación de España; el proyecto PLEC2021-007819, financiado por MCI-N/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next-

GenerationEU/PRTR, y RoboCity2030-DIH-CM, Madrid Robotics Digital Innovation Hub, S2018/NMT-4331, financiado por “Programas de Actividades I+D en la Comunidad de Madrid” y cofinanciado por los *European Social Funds* (FSE) de la Unión Europea.

Referencias

- Barrett, D., 2010. Supernormal stimuli: how primal urges overran their evolutionary purpose. *Choice Reviews Online* 48 (02), 48–1158.
DOI: 10.5860/choice.48-1158
- Baun, M. M., Bercstrom, N., Lancston, N. F., Thoma, L., 1984. Physiological effects of human/companion animal bonding. *Nursing Research* 33 (3), 126–129.
DOI: 10.1097/00006199-198405000-00002
- Becoña, E., 2016. La adicción “no” es una enfermedad cerebral. *Papeles del Psicólogo* 37 (2), 118–125.
URL: <https://www.redalyc.org/pdf/778/77846055004.pdf>
- Broom, D. M., oct 1991. Animal welfare: concepts and measurement.
DOI: 10.2527/1991.69104167x
- Carrasco-Martínez, S., Quispe Flores, M. A., Sevilla Salcedo, J., Gómez-Jiménez, J., Alonso Martín, J., Galichs, M. A., aug 2021. Comunicación remota entre familiares a través de la robótica social. In: *XLII Jornadas de Automática: libro de actas*. Servicio de Publicaciones da UDC, pp. 565–572.
DOI: 10.17979/siadc.9788497498043.565
- Charles Duhigg, 2013. El poder de los hábitos. Urano. ISBN: 9788415870548.
- Clear, J., 2018. *Atomic Habits*. Vol. 1. Random House Business. ISBN: 1847946511
- Cobé Hurtado, L., Viñas, P. F., Zalama, E., Gómez-García-Bermejo, J., Delgado, J. M., Vielba García, B., 2021. Development and usability validation of a social robot platform for physical and cognitive stimulation in elder care facilities. In: *Healthcare*. Vol. 9, p. 1067.
- Cosca, M., Corazza, L., jun 2006. Aesthetic phenomena as supernormal stimuli: The case of eye, lip, and lower-face size and roundness in artistic portraits. *Perception* 35 (2), 229–246.
DOI: 10.1068/p3449
- D.Volkow, N., 2004. Las drogas, el cerebro y el comportamiento: la ciencia de la adicción. National Institute on Drug Abuse.
URL: <https://cutt.ly/WN5azU2>
- Eyal, N., Hoover, R., 2014. *HOOKED: How to Build Habit-Forming Products*. Sunshine Business Dev. ISBN:0241184835.
- Ezatollah Ghadampour, Fazlollah Mirderikvand, K. B., 2017. The Effectiveness of Logotherapy Training on Academic Engagement in Student. *Advances in Cognitive Science* 19 (2), 52–62.
URL: http://icssjournal.ir/article-1-538-en.htmlhttp://icssjournal.ir/browse.php?a_code=A-10-2-517&slc_lang=en&sid=1
- Frankl, V. E., 2014. *The will to meaning - Foundations and applications of logotherapy*, new york n Edition. Vol. 2/7. Plume.
URL: [https://www.scirp.org/\(S\(1z5mqp453edsnp55rrgjct55\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2555574](https://www.scirp.org/(S(1z5mqp453edsnp55rrgjct55))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2555574)
- Garrity, T. F., Stallones, L. F., Marx, M. B., Johnson, T. P., mar 1989. Pet Ownership and Attachment as Supportive Factors in the Health of the Elderly. *Anthrozoös* 3 (1), 35–44.
DOI: 10.2752/089279390787057829
- Gómez, L. F., Atehortua, C. G., Orozco, S. C., 2007. La influencia de las mascotas en la vida humana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20 (3), 377–386.
- Griffiths, M. D., 2010. The hidden addiction: Gambling in the workplace. *Counselling at Work*, 20–23.
URL: https://www.bacp.co.uk/bacp-journals/bacp-workplace/autumn-2010/the-hidden-addiction/http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/8152/1/205698_7854GriffithsPublisher.pdf
- Homme, L. E., DeBaca, P. C., Devine, J. V., Steinhors, R., Rickert, E. J., oct 1963. Use of the Premack principle in controlling behavior of nursery school children. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 6 (4), 544.
DOI: 10.1901/jeab.1963.6-544
- Kim, S. K., Kim, S. Y., Kang, H. B., 2016. An Analysis of the Effects of Smartphone Push Notifications on Task Performance with regard to Smartphone Overuse Using ERP. *Computational Intelligence and Neuroscience* 2016.
DOI: 10.1155/2016/5718580

- Knapp, T. J., jan 1976. The Premack principle in human experimental and applied settings. *Behaviour Research and Therapy* 14 (2), 133–147.
DOI: 10.1016/0005-7967(76)90067-X
- Lane, M., jun 2015. Worth the risk? Modeling irrational gambling behavior. *Mathematics Enthusiast* 12 (1-3), 31–37.
DOI: 10.54870/1551-3440.1332
- Lemieux, C., McDonald, D., 2020. *Frictionless : why the future of everything will be fast, fluid & made just for you*. Harper Business. ISBN:9780062893680.
- Maroto-Gómez, M., Castro-González, Á., Castillo, J. C., Malfaz, M., Salichs, M. Á., 2022. An adaptive decision-making system supported on user preference predictions for human–robot interactive communication. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 1–45.
- Morris, P. H., White, J., Morrison, E. R., Fisher, K., may 2013. High heels as supernormal stimuli: How wearing high heels affects judgements of female attractiveness. *Evolution and Human Behavior* 34 (3), 176–181.
DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2012.11.006
- Nasti, L., Michienzi, A., Guidi, B., 2021. Discovering the Impact of Notifications on Social Network Addiction. In: *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. Vol. 12611 LNCS. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 72–86.
DOI: 10.1007/978-3-030-70650-0_5
- Peper, E., Harvey, R., Cannon, R. L., Lyle, R., mar 2018. Digital Addiction: Increased Loneliness, Anxiety, and Depression. *NeuroRegulation* 5 (1), 3–3.
DOI: 10.15540/NR.5.1.3
- Ronderos, N., 2000. Tamagotchi, la mascota virtual: la globalización y la sociedad de la simulación a través de una tecnología del ocio. *Antropologías transeúntes*.
- Ruckauer, F. J. C., 2016. *Introducción al diseño de videojuegos: Enganche y retención*.
URL: <https://en.calameo.com/read/005101872b8d9e41eba1d>
- 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., dec 2020. Mini: A New Social Robot for the Elderly. *International Journal of Social Robotics* 12 (6), 1231–1249.
DOI: 10.1007/s12369-020-00687-0
- Sapolsky, R. M., 2017. *Behave: The Biology of Humans at Our Best and Worst*. Penguin Press.
- Shibata, T., Kawaguchi, Y., Wada, K., Shibata, T., Kawaguchi, Y., Wada, K., sep 2011. Investigation on People Living with Seal Robot at Home. *International Journal of Social Robotics* 2011 4:1 4 (1), 53–63.
DOI: 10.1007/S12369-011-0111-1
- Skinner, B., 1965. *Science And Human Behavior*. The Free Press. ISBN:0029290406.
- Skinner, B., Ardilla, R., 1975. *Sobre el Conductismo*, fontanella Edition. Fontanella.
- Tamura, T., Yonemitsu, S., Itoh, A., Oikawa, D., Kawakami, A., Higashi, Y., Fujimoto, T., Nakajima, K., 2004. Is an entertainment robot useful in the care of elderly people with severe dementia? *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 59 (1), M83–M85.
- Volkow, N. D., Wang, G. J., Fowler, J. D., Tomasi, D., Telang, F., sep 2011. Addiction: Beyond dopamine reward circuitry.
DOI: 10.1073/pnas.101064108
- Zack, M., St. George, R., Clark, L., apr 2020. Dopaminergic signaling of uncertainty and the aetiology of gambling addiction.
DOI: 10.1016/j.neuropharm.2019.109853

En Prensa / In Press