INTERACCION
Revista Digital de AIPO
Asociación Interacción Persona-Ordenador
Vol. 6, No 2 (2025)
ISSN 2695-6578

Diseño y accesibilidad en PlanTEA-WM: una plataforma con IA para planificar rutinas para personas con TEA

Design and accessibility in PlanTEA-WM: an AI-based platform for planning routines for people with ASD

José Lara Navarro
Escuela Superior de Informática
Universidad de Castilla-La Mancha
Ciudad Real, España
jose.lara3@alu.uclm.es

Ana Isabel Molina Díaz
Escuela Superior de Informática
Universidad de Castilla-La Mancha
Ciudad Real, España
anaisabel.molina@uclm.es

Carmen Lacave Rodero
Escuela Superior de Informática
Universidad de Castilla-La Mancha
Ciudad Real, España
carmen.lacave@uclm.es

Recibido: 01.10.2025 | Aceptado: 23.10.2025
DOI: https://doi.org/10.65234/interaccion.128

Palabras Clave

Tecnologías asistivas
Trastorno del Espectro Autista
Planificación y anticipación
Pictogramas
Inteligencia Artificial
Diseño Centrado en el Usuario
Usabilidad
Accesibilidad

Resumen

PlanTEA-WM es una plataforma web colaborativa que permite planificar y anticipar rutinas para personas con Trastorno del Espectro Autista (TEA) mediante pictogramas. Surge como evolución de la aplicación móvil PlanTEA, superando sus limitaciones de portabilidad y la ausencia de capacidades multiusuario. El sistema soporta dos roles principales: planificador y planificado, lo que permite la gestión compartida de rutinas en contextos familiares, educativos y clínicos. La plataforma integra funcionalidades clave, como un calendario de eventos, importación y exportación de planificaciones, un buscador de pictogramas, así como un traductor de texto-a-pictogramas apoyado por modelos de Inteligencia Artificial (IA) generativa. Desde sus primeras fases, el diseño ha estado guiado por principios de accesibilidad (WCAG 2.2) y pautas de diseño específicas para usuarios con TEA, validadas mediante un proceso iterativo con asociaciones de personas con TEA y familiares, y personal experto. Estas decisiones han garantizado la literalidad, la reducción de la carga cognitiva y la flexibilidad en los modos de visualización e interacción soportados. Los resultados obtenidos han dado lugar a un sistema robusto y usable, que facilita la anticipación y la colaboración entre diferentes agentes implicados en su uso (personas con TEA, cuidadores y familiares). Como trabajo futuro, se plantea la incorporación de mecanismos de gestión de imprevistos, una IA más adaptativa y su generalización a otros colectivos de usuarios con necesidades de anticipación, planificación y apoyo visual estructurado.

Keywords

Assistive technologies
Autism Spectrum Disorder
Planning and anticipation
Pictograms
Artificial Intelligence
User-Centered Design
Usability
Accesibility

Abstract

PlanTEA-WM is a collaborative web platform designed to support the planning and anticipation of routines for people with Autism Spectrum Disorder (ASD) through pictograms. It evolves from the original mobile app PlanTEA, addressing its limitations of single-device use and lack of multiuser features. The system defines two main roles: planner and planned user, enabling shared management of routines across family, educational, and clinical contexts. Key functionalities include an event calendar, import/export of routines, a pictogram search engine connected to the ARASAAC API, and a text-to-pictogram translator enhanced by generative AI models. From its early stages, the design was guided by accessibility principles (WCAG 2.2) and ASD-specific heuristics, validated through iterative collaboration with expert associations. These guidelines ensured literal representation, reduced cognitive load, and flexible visualization modes. Results show a robust and usable system that strengthens anticipation and multi-role collaboration. Future work focuses on implementing mechanisms to manage unexpected events, developing more adaptive AI, and extending the platform to other groups who can benefit from structured visual routines.

1. Introducción

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) es un trastorno del neurodesarrollo que se manifiesta desde edades tempranas y que presenta una gran heterogeneidad en sus formas de expresión. Entre sus características más comunes se encuentran las dificultades en la comunicación e interacción social, así como la preferencia por actividades y acciones repetitivas, estructuradas y predecibles (Lord et al., 2018). En este contexto, los apoyos visuales, y en particular los Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (SAAC), constituyen un recurso esencial para facilitar la comunicación, la planificación y anticipación de actividades, lo cual reduce la incertidumbre y fomenta la autonomía de las personas con TEA (Chia et al., 2018).

Los pictogramas, integrados dentro de los SAAC, se han consolidado como un medio eficaz para representar rutinas y transmitir instrucciones de forma clara, sencilla y accesible (Morales-Hidalgo et al., 2018). Su empleo resulta especialmente útil en entornos clínicos, familiares y educativos. Por su parte, la planificación y anticipación de actividades permiten reducir la incertidumbre y la ansiedad ante cambios inesperados y promueve la comprensión y la participación activa de las personas con TEA en la organización de sus tareas cotidianas (Neimy et al., 2022).

PlanTEA (Hernández et al., 2022), una aplicación móvil desarrollada inicialmente para dispositivos Android, surge para facilitar la planificación y anticipación de actividades cotidianas para personas con TEA. Contempla dos roles: el *planificador*, encargado de crear y gestionar las rutinas, y la persona con TEA, o *planificado*, que puede anticipar y seguir paso a paso las tareas representadas en secuencias de pictogramas (planificaciones). Incluye un editor de planificaciones empleando técnicas de *drag-and-drop*[1], y un cuaderno de comunicación[2] aumentativa, concebido como un tablero interactivo de pictogramas que permite la expresión y comunicación en distintos contextos.

Aunque dicha aplicación obtuvo una valoración muy positiva en sus primeras evaluaciones y pruebas de uso, realizadas en colaboración con varias asociaciones de personas con TEA (Hernández et al., 2022; Valencia et al., 2024), presenta una serie de limitaciones: solo se puede usar en un único dispositivo, la información se almacena en local, lo que impide su sincronización, y no admite ser usado por varios usuarios a la vez. Estas restricciones dificultan su adopción en contextos en los que la colaboración entre los diferentes agentes implicados (familiares, terapeutas y profesionales) resulta fundamental.

Con el objetivo de superar estas carencias, se ha desarrollado PlanTEA-WebMultiuser (PlanTEA-WM), una plataforma *web* que evoluciona la aplicación original hacia un sistema multiusuario, multirrol y accesible desde cualquier dispositivo y navegador. Desde sus primeras fases, el proyecto ha contado con la colaboración activa de asociaciones especializadas en TEA, de ámbito local, regional y nacional (AUTRADE[3], FACLM[4] y FESPAU[5]), lo que ha permitido orientar y adaptar las decisiones de diseño a las necesidades reales de los usuarios finales en entornos clínicos, educativos y familiares. Este trabajo conjunto ha sido clave para validar prototipos, priorizar funcionalidades y garantizar la usabilidad y accesibilidad de la plataforma desarrollada, tal y como se detallará en secciones posteriores.

Por tanto, el objetivo de este artículo es presentar PlanTEA-WM desde una perspectiva centrada en el diseño y la accesibilidad, profundizando en los aspectos que hacen de la plataforma una herramienta diferenciadora: la aplicación de principios de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), la incorporación de heurísticas de usabilidad específicas para usuarios con TEA, la validación iterativa con personas expertas en el dominio perteneciente a distintas asociaciones, así como la integración de técnicas de Inteligencia Artificial (IA) generativa[6] para asistir en el proceso de creación de las planificaciones visuales. Asimismo, se exponen los avances logrados y las líneas de evolución futura, mostrando cómo la tecnología puede adaptarse a las particularidades de este colectivo y contribuir a mejorar su calidad de vida (Valencia et al., 2019).

[1] La técnica de *drag-and-drop* es un mecanismo de interacción en entornos de interfaces gráficas de usuario (GUI) que permite la manipulación directa de objetos mediante la acción de seleccionar (*drag*) un elemento con un dispositivo apuntador, desplazarlo sobre la superficie de la interfaz, y liberarlo (*drop*) en una ubicación destino, desencadenando una operación asociada.

[2] Un *cuaderno de comunicación* es un recurso de apoyo basado en símbolos o pictogramas que facilita la expresión y comprensión del lenguaje en personas con dificultades de comunicación, tal y como ocurre con personas con TEA.

[3] AUTRADE (Asociación Regional de Personas con Autismo y Otros Trastornos del Neurodesarrollo): https://autrade.info/

[4] FACLM (Federación Autismo Castilla-La Mancha): https://www.autismocastillalamancha.org/

[5] FESPAU (Federación Española de Autismo): https://fespau.es/

[6] La *Inteligencia Artificial Generativa* (IAG) hace referencia a un conjunto de técnicas de aprendizaje automático capaces de modelar patrones complejos en grandes volúmenes de datos y generar contenido nuevo (texto, imágenes, audio, entre otros) que mantiene coherencia con dichos patrones.

2. Descripción general de PlanTEA-WM

PlanTEA-WM es una plataforma *web* diseñada para apoyar la planificación y anticipación de rutinas mediante el uso de pictogramas. Su diseño se basa en un enfoque multiusuario y multirrol, lo que permite que distintos agentes implicados, como familiares, terapeutas o profesionales (de contextos educativos o clínicos), colaboren en la creación y gestión de rutinas visuales para personas con TEA.

Al igual que en PlanTEA, PlanTEA-WM contempla dos roles principales. Por un lado, el ***planificador*** es el encargado de crear y gestionar las *planificaciones* y los *eventos* asociados. Una *planificación* es una secuencia de pictogramas que representa una rutina o actividad, mientras que un *evento* corresponde a la asignación de una planificación concreta a una fecha y hora determinadas en el calendario. Por otro lado, está el rol de *planificado*, que corresponde a la **persona con TEA,** quien accede a una vista, en formato de reproductor, que le permite consultar y seguir las planificaciones paso a paso de manera visual y estructurada. Esta separación de roles garantiza que cada perfil disponga de una experiencia adaptada a sus necesidades específicas. La Figura 1 muestra el *panel de control* disponible para el usuario *planificador*, en el que se muestra la lista de usuarios *planificados* por dicho usuario, con los eventos asociados a cada uno de ellos.

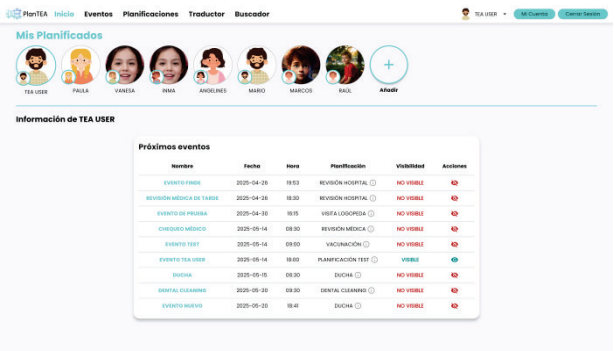


Figura 1. Panel de control del usuario planificador en PlanTEA-WM, en el que se muestra la lista de personas con TEA planificadas y los próximos eventos de cada una. La interfaz permite consultar información relevante (fecha, hora y planificación vinculada al evento mediante una vista previa), así como seleccionar qué planificación será visible para el usuario planificado.

PlanTEA-WM resuelve las limitaciones presentes en la aplicación original: integra un **sistema multiusuario y multirrol**, que permite a un mismo usuario *planificador* gestionar a varios usuarios *planificados*, y, a su vez, compartir la responsabilidad de un mismo usuario con TEA entre varios *planificadores*, sin duplicar datos; incorpora un **traductor de texto-a-pictogramas (de la base de datos de ARASAAC[7])**, basado en herramientas de IA, que facilita, en parte, el proceso de diseño y creación de las planificaciones; y admite la **importación y exportación de planificaciones en formatos estándar** (PDF y XML), lo que favorece la portabilidad de la información y su uso en diferentes contextos.

En cuanto a su arquitectura, PlanTEA-WM se compone de un *frontend* desarrollado en Flutter Web[8], siguiendo el patrón Modelo-Vista-VistaModelo (MVVM), lo que facilita la separación entre la interfaz, la lógica de presentación y la gestión de estado. El *backend*, implementado en Node.js/Express[9], bajo el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC), se encarga de la lógica de negocio y de la comunicación con la base de datos. Para la persistencia de la información se emplea PostgreSQL[10], que asegura escalabilidad e integridad en la gestión de *planificadores*, *planificados*, *planificaciones* y *eventos* (Fielding et al, 2000). También soporta la integración con servicios externos, como la API de ARASAAC, los Grandes Modelos de Lenguaje, a través de OpenRouter[11], y la plataforma Brevo[12], para el envío de invitaciones por correo electrónico. La seguridad se refuerza mediante autenticación con *tokens* y control de permisos en función de los roles definidos.

Cabe destacar que algunas funcionalidades presentes en la *app* original, como el cuaderno de comunicación, fueron descartadas en PlanTEA-WM. Esta decisión se tomó tras un proceso de diseño participativo y colaborativo (Villamin et al., 2024) con las asociaciones expertas implicadas y siguiendo una metodología iterativa e incremental basada en la construcción progresiva de prototipos (Bjarnason et al., 2023), que permitió priorizar aquellas funcionalidades consideradas más útiles y esenciales para soportar la anticipación y gestión de rutinas.

Gracias a esta combinación de funcionalidades, PlanTEA-WM ofrece una solución accesible y colaborativa, que puede ser utilizada desde cualquier navegador y dispositivo conectado a Internet. Una demostración práctica del uso de PlanTEA-

[7] ARASAAC (Centro Aragonés para la Comunicación Aumentativa y Alternativa), repositorio abierto de pictogramas y otros recursos visuales ampliamente utilizado en sistemas SAAC. Enlace: https://arasaac.org/
[8] Flutter Web: https://flutter.dev/multi-platform/web
[9] Node.js/Express: https://expressjs.com/
[10] PostgreSQL: https://www.postgresql.org/
[11] OpenRouter es un agregador de APIs que permite acceder múltiples LLMs a través de una única interfaz. Enlace: https://openrouter.ai/
[12] Brevo es una plataforma *software* que ofrece herramientas de *marketing* y ventas, como envío de *emails*, automatización o campañas de SMS. Enlace: https://www.brevo.com/es/

WM se encuentra disponible en https://youtu.be/DcT5Q7XFnOQ.

3. Diseño Centrado en el Usuario

El desarrollo de PlanTEA-WM ha seguido, desde sus primeras etapas, un enfoque DCU, en el que han participado asociaciones de personas con TEA (AUTRADE, FACLM y FESPAU). Estas entidades han aportado su experiencia práctica en contextos clínicos, educativos y familiares.

La metodología, **iterativa e incremental**, se ha basado en la construcción progresiva de prototipos. Se han diseñado prototipos de baja y alta fidelidad, en Balsamiq[13] (Figura 2) y Figma[14] (Figura 3), respectivamente. Además, se creó un prototipo funcional inicial con un *mini-backend* en Flask[15], que sirvió como "prueba de concepto" antes de la migración definitiva. Cada iteración incluyó sesiones de validación con terapeutas y profesionales de las asociaciones colaboradoras, lo que permitió definir y ajustar, de forma temprana, los requisitos y las funcionalidades, reduciendo así posibles errores.

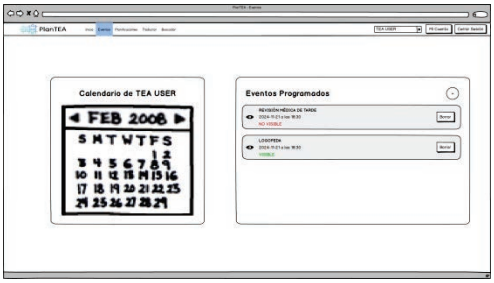


Figura 2. Mockup de baja fidelidad en Balsamiq de la vista de calendario de eventos en PlanTEA-WM.

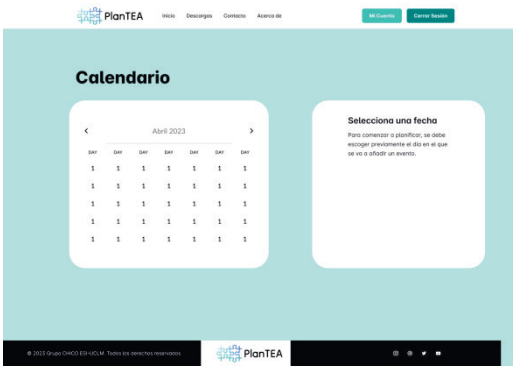


Figura 3. Diseño de alta fidelidad en Figma de la vista de calendario de eventos en PlanTEA-WM.

[13] Balsamiq: https://balsamiq.com/
[14] Figma: https://www.figma.com
[15] Flask: https://flask.palletsprojects.com/en/stable/

Las reuniones y jornadas de trabajo con las personas expertas de las asociaciones han permitido tomar decisiones clave. En la *I Jornada de Tecnologías para la inclusión de personas con TEA*[16] (Ciudad Real, 15 de enero de 2024), se decidió acotar el contexto de uso de la aplicación al de las consultas médicas, dejando en principio de lado otros contextos o escenarios de uso. Además, se decidió eliminar el cuaderno de comunicación, puesto que se consideró menos prioritario, al existir soluciones más completas y dinámicas en el mercado (Logan et al., 2017). Meses más tarde, en la reunión con el personal técnico de la asociación nacional FESPAU, se confirmaron los requisitos iniciales, se planteó la posibilidad de integrar técnicas de IA generativa para dar soporte a la creación de planificaciones y se discutieron algunas propuestas de mejora relacionadas con la usabilidad y accesibilidad de la aplicación. Posteriormente, durante la presentación de PlanTEA-WM[17] al presidente de la Confederación de Autismo España[18], en el laboratorio de usabilidad del grupo CHICO[19] de la Escuela Superior de Informática de la Universidad de Castilla-La Mancha, se valoró muy positivamente la incorporación de la IA generativa y su potencial para ahorrar tiempo en la generación de rutinas. Por último, en la *II Jornada de Trabajo: Tecnología para la inclusión de personas con TEA*[20] se mostraron versiones avanzadas del sistema desarrollado, incorporando ya la IA generativa, y se discutieron nuevas propuestas de ampliación funcional.

La Tabla 1 resume los principales cambios de diseño derivados del *feedback* recibido en estas sesiones.

Tabla 1. Cambios de diseño y funcionalidades derivados del feedback de las asociaciones colaboradoras.

Necesidad detectada	Cambio aplicado	Resultado
Evitar sobrecarga funcional en la fase inicial	Eliminación del cuaderno de comunicación	Foco en planificaciones y rutinas, con una interfaz más simple y usable
Contextualizar el sistema en un dominio concreto	Validación de prototipos en escenarios de consultas médicas	Ajuste de la plataforma a un contexto realista y relevante

[16] https://esi.uclm.es/index.php/2024/01/19/jornadas-de-tecnologias-para-la-inclusion/
[17] https://blog.uclm.es/grupochico/presentacion-de-plantea-al-presidente-de-la-confederacion-autismo-espana/
[18] Autismo España: https://autismo.org.es/
[19] CHICO (Computer Human Interaction and Collaboration): https://blog.uclm.es/grupochico/
[20] https://www.autismocastillalamancha.org/participacion-en-la-ii-jornada-de-trabajo-de-la-catedra-uclm-telefonica-tecnologia-para-la-inclusion/

Necesidad detectada	Cambio aplicado	Resultado
Facilitar la creación rápida de rutinas visuales	Desarrollo del traductor de texto-a-pictogramas	Conversión automática de frases en secuencias de pictogramas, reduciendo tiempos de creación
Procesar materiales textuales extensos	Funcionalidad de traducción de documentos a pictogramas	Simplificación del trabajo con textos largos o ya preparados
Incluir apoyos más avanzados en la creación de rutinas	Integración de la IA generativa	Facilidad y rapidez en la creación de planificaciones y mayor apoyo a *planificadores*
Centralizar la información de cada usuario con TEA en la vista del *planificador*.	Creación de un *dashboard*[21] con próximos eventos y planificaciones asociadas	Información clave en un único espacio, facilitando la supervisión y el control
Facilitar la comprobación rápida de rutinas asociadas	Inclusión de vista previa de planificaciones en el panel de control	Posibilidad de revisar de un vistazo la secuencia de pictogramas sin acceder a la vista completa
Dificultad para localizar y gestionar varias planificaciones de un mismo usuario con TEA	Incorporación del patrón *Master-Detail*[22] en el panel de control	Mayor claridad y rapidez en la gestión, reduciendo pasos intermedios
Necesidad de personalización con referentes familiares	Opción de sustituir pictogramas por fotos reales en determinadas rutinas	Mayor identificación por parte de la persona con TEA, facilitando la familiaridad de los contenidos y la anticipación
Ajustar la representación de pictogramas a diferentes perfiles de usuarios con TEA	Inclusión de tres modos de visualización configurables: texto + imagen, solo texto o solo imagen	Mayor flexibilidad y personalización de la interfaz, facilitando la adaptación a distintos niveles de comprensión

Además de los cambios aplicados, el proceso de co-diseño ha permitido identificar **patrones de interfaz que resultaban inadecuados** para el público objetivo y que, por tanto, fueron descartados: interfaces densas, con múltiples paneles visualizados simultáneamente en pantalla, que incrementaban la carga cognitiva de la persona con TEA al requerir demasiada atención dividida; menús desplegables con niveles de anidamiento excesivos, ya que generaban confusión durante la navegación y dificultaban la localización de opciones (Zhang et al., 2025); metáforas visuales abstractas, que podían resultar poco claras y difícilmente reconocibles; descartar animaciones llamativas o transiciones visuales complejas, ya que podían generar distracción o saturación (Uitdenbogerd et al., 2022). Frente a estas alternativas, se priorizó un diseño lineal, literal y predecible, en el que cada pictograma o elemento visual mantiene un único significado explícito y consistente. Por ejemplo, se incorporó el icono de una papelera para eliminar planificaciones creadas y para suprimir pictogramas de una planificación; y el del lápiz para modificar la imagen por defecto de un pictograma por otra cualquiera que eligiese el usuario. Esta elección resulta coherente con las heurísticas específicas para diseños orientados a personas con TEA, y que se discuten en la siguiente sección.

Como parte del proceso de validación de PlanTEA-WM, se llevó a cabo una evaluación preliminar con expertos y profesionales del ámbito del TEA (Lara et al., 2025). Esta evaluación se realizó durante un seminario *online* organizado por la asociación AUTRADE, en marzo de 2025, en el que participaron 44 personas, principalmente profesionales que trabajan directamente con personas con TEA (terapeutas y educadores) y familiares.

Los resultados de esta evaluación fueron muy positivos. En cuanto a la *utilidad percibida de las funcionalidades* soportadas por PlanTEA-WM, todas obtuvieron puntuaciones medias superiores a 4,5 sobre 5, destacando especialmente la colaboración multiusuario (4,75), la traducción de texto a pictogramas (4,68) y las sugerencias generadas en el modo asistido por la IA (4,68). Respecto a la valoración de la aceptación y adopción tecnológica, medida mediante las dimensiones del *framework* TAM (*Technology Acceptance Model*) (Davis, 1989), se obtuvo que la *utilidad percibida* alcanzó una media de 4,48, y tanto la *intención de uso* personal como la intención de recomendar la plataforma obtuvieron medias de 4,55. Los participantes valoraron especialmente la *facilidad de uso*, la integración de IA como elemento diferenciador clave, y la posibilidad de colaboración entre los diferentes actores.

Esta evaluación se centró en valorar la aplicación desde el punto de vista del usuario con rol *planificador.* Dado que PlanTEA-WM diferencia dos roles, con características y

[21] *Dashboard*: Panel de control que centraliza y muestra información clave en una sola vista, facilitando la supervisión y la toma de decisiones.
[22] *Master-Detail*: Patrón de diseño de interfaz que presenta en paralelo un listado de elementos (*master*) y el detalle del elemento seleccionado (*detail*), facilitando la navegación y la gestión de información.

necesidades distintas, y el DCU propone validar el diseño con los potenciales usuarios finales, actualmente se está preparando una evaluación más exhaustiva, en el que participarán ambos. Los resultados de dicha evaluación serán fundamentales para refinar la plataforma y valorar la efectividad y futura adopción de PlanTEA-WM.

4. Accesibilidad y heurísticas aplicadas en PlanTEA-WM

La accesibilidad en entornos digitales dirigidos a personas con TEA requiere de un enfoque dual. En el diseño de PlanTEA-WM, por un lado, se han adoptado las **Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG 2.2)** (World Wide Web Consortium, 2023) como referencia internacional para garantizar la perceptibilidad, operabilidad y comprensibilidad de la plataforma. Por otro, se han aplicado **heurísticas de diseño específicas para aplicaciones dirigidas a usuarios con TEA** (Valencia et al., 2021; Valencia et al., 2022; Aguiar et al., 2020), desarrolladas a partir de literatura previa y validadas de manera iterativa con asociaciones colaboradoras, con el fin de responder a las necesidades cognitivas concretas de los usuarios con TEA.

4.1. Heurísticas específicas para personas con TEA

El desarrollo de la plataforma se ha apoyado en principios derivados de la literatura sobre neurodiversidad (Shuck et al., 2024) y del proceso iterativo de validación con las asociaciones colaboradoras. Entre ellos destacan:

- **Literalidad:** cada pictograma o icono tiene un único significado explícito, evitando metáforas abstractas o confusas.
- **Consistencia y previsibilidad:** la posición y el comportamiento de los elementos permanecen estables en toda la interfaz.
- **Reducción de carga cognitiva:** simplificación de la estructura visual, navegación lineal y supresión de menús anidados en exceso.
- **Flexibilidad de representación:** inclusión de tres modos de visualización de pictogramas (texto+imagen, solo texto, solo imagen), adaptables a diferentes perfiles de usuario.
- **Apoyos familiares:** posibilidad de sustituir pictogramas por fotografías reales, aumentando la identificación y el reconocimiento del contenido (Hartley et al., 2015).
- **Prevención de distracciones:** eliminación de animaciones llamativas y transiciones complejas, priorizando la claridad y la estabilidad.

Estos principios han guiado todo el proceso de desarrollo de PlanTEA-WM, desde el prototipado hasta la implementación, actuando como criterios de decisión en el diseño y ayudando a descartar patrones que podían incrementar la carga cognitiva de la aplicación.

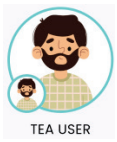
4.2. Aplicación de las WCAG 2.2 en PlanTEA-WM

La aplicación de las WCAG 2.2 en PlanTEA-WM se ha materializado tanto en aspectos perceptuales, como de contraste y color, así como de operabilidad, consistencia y claridad en la interacción. A continuación, se detallan los principales aspectos implementados y aquellos que permanecen pendientes de desarrollo o revisión.

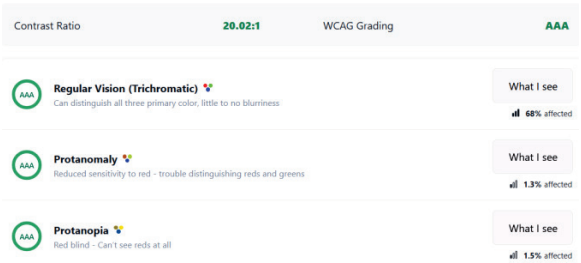
4.2.1. Criterios implementados

Se ha aplicado el criterio **1.4.3 (Contraste mínimo, nivel AA)**, asegurando que todos los textos y botones presenten una relación de contraste superior a 4.5:1. En varios casos, como en los nombres de usuarios *planificados* en el *dashboard* del *planificador*, o en los títulos de las tarjetas de eventos, se alcanzaron ratios muy superiores (16:1), lo que garantiza un alto grado de legibilidad. Asimismo, se empleó el criterio **1.4.6 (Contraste mejorado, nivel AAA)** en elementos clave, como botones de acción y títulos, favoreciendo la máxima visibilidad en diferentes dispositivos.

La Figura 4 muestra un ejemplo de validación de contraste aplicado a los nombres de los usuarios *planificados*, donde se alcanzó un ratio de 20:02:1, muy por encima de los niveles exigidos por la normativa.



(a) Visualización original del nombre con su avatar.



(b) Resultados del análisis con la herramienta WhoCanUse

Figura 4. Validación de contraste aplicado al nombre de un usuario planificado en el dashboard de PlanTEA-WM.

La aplicación del criterio **1.4.1 (Uso del color)** evita que la codificación de la información dependa exclusivamente del color. Así, por ejemplo, los estados de los botones se refuerzan mediante etiquetas textuales o iconos. Del mismo

modo, la plataforma es completamente operable por teclado, cumpliendo con los criterios **2.1.1 (Teclado)** y **2.1.2 (Sin trampas de teclado)**, lo que permite la gestión de usuarios, eventos y planificaciones sin necesidad de usar el ratón.

En relación con la comprensión de la interfaz, se cumplió con el criterio **2.4.6 (Encabezados y etiquetas)**, empleando descripciones claras y consistentes en campos de formularios y secciones principales. Además, los formularios cumplen el criterio **3.3.1 (Identificación de errores)**, puesto que usan mensajes breves y lenguaje sencillo, evitando tecnicismos que pudieran dificultar su interpretación. Finalmente, el criterio **3.1.5 (Nivel de lectura)** también se ha tenido en cuenta, con el empleo de frases cortas y vocabulario cotidiano, lo cual favorece tanto a los *planificadores* como a las personas con TEA.

4.2.2. Criterios pendientes

A pesar de los avances y mejoras realizadas, algunos criterios de las WCAG 2.2 aún requieren atención. El criterio **1.1.1 (Contenido no textual)** se cumple parcialmente, ya que no se han incorporado descripciones alternativas de manera sistemática para todos los pictogramas y fotografías personalizadas. Algo similar ocurre con el criterio **2.4.4 (Propósito de los enlaces)**, dado que algunos iconos, como el de papelera o el de edición, carecen todavía de un texto alternativo explícito que facilite su interpretación por parte de tecnologías de asistencia.

El criterio **2.2.1 (Ajuste de tiempo)** tampoco está implementado en su totalidad, ya que la aplicación no permite configurar ni desactivar la duración de la visualización de las rutinas durante su reproducción. Finalmente, es necesario reforzar el cumplimiento del criterio **4.1.2 (Nombre, rol y valor)**, mediante una revisión exhaustiva de atributos ARIA[23], con el fin de garantizar que todos los elementos interactivos sean reconocibles de forma adecuada por lectores de pantalla.

4.3. Validación cromática y pruebas de percepción

El contraste en el contenido visualizado en la aplicación se ha evaluado mediante ratios y pruebas de percepción, bajo diferentes condiciones de visión cromática. Se han empleado simuladores para verificar cómo se perciben los elementos en casos de **protanopia** (ausencia de rojos), **deuteranopia** (ausencia de verdes) o **tritanopia** (ausencia de azules), así como en sus variantes de percepción reducida. La Figura 5 muestra una representación de la interfaz en estas condiciones, confirmando que la paleta de colores seleccionada mantiene la diferenciación suficiente entre texto y fondo en escenarios de deficiencia cromática. Estas validaciones aseguran que la experiencia no dependa de una visión estándar, reforzando la robustez del diseño en contextos reales.



(a) Vista normal



(b) Protanopia



(c) Deuteranopia



(d) Tritanopia

Figura 5. Validación cromática de la interfaz de planificaciones de PlanTEA-WM en condiciones de visión alterada: (a) visión estándar, (b) protanopía, (c) deuteranopia y (d) tritanopia.

[23] ARIA (*Accessible Rich Internet Applications*): Conjunto de atributos definidos por el W3C que mejoran la accesibilidad de las aplicaciones *web*, permitiendo que tecnologías de Asistencia como los lectores de pantalla interpreten correctamente el rol, nombre y estado de los elementos de la interfaz.

En resumen, la integración de las WCAG 2.2, junto con la aplicación de heurísticas específicas de diseño de *software* dirigido a usuarios con TEA, ha permitido establecer un marco de accesibilidad consistente en PlanTEA-WM, garantizando así que la plataforma responda a necesidades reales y reduzca posibles barreras de uso. Con ello, la accesibilidad se consolida como un criterio transversal del sistema y se establece una base sólida para futuras evaluaciones en entornos clínicos, familiares y educativos.

5. Inteligencia Artificial

La incorporación de técnicas de IA generativa en PlanTEA-WM responde a la necesidad de reducir el tiempo y la carga de trabajo de los *planificadores* en la creación de rutinas visuales. A diferencia de la aplicación original, que exigía añadir manualmente cada pictograma, la nueva plataforma integra un traductor de texto-a-pictogramas, asistido por modelos de lenguaje de gran escala (LLM)[24]. Esta funcionalidad permite generar de manera rápida una propuesta de planificación que debe revisarse por la persona planificadora antes de ser presentadas a la persona con TEA (Tam et al., 2024).

5.1. Flujo de integración técnica

El flujo de integración de la funcionalidad de traductor de texto-a-pictogramas basado en IA generativa en PlanTEA-WM se inicia con la entrada textual (consulta o *prompt*[25]) proporcionada por el *planificador*. Este texto se envía al *backend* junto con un *pre-prompt* restrictivo (Chen et al., 2025), diseñado para guiar al modelo hacia la generación de respuestas compuestas por instrucciones breves, literales y sin metáforas. El *backend* gestiona la comunicación con el modelo de lenguaje a través de OpenRouter[26], empleando fragmentos o *streams* de comunicación que permiten recibir la respuesta de manera incremental. Gracias a este enfoque, el planificador visualiza en el *frontend* cómo la propuesta se va generando paso a paso, reduciendo así la percepción de latencia y facilitando la interacción en tiempo real.

Una vez recibida la secuencia completa, el *frontend* aplica procesos de *limpieza de partículas* y *lematización* (Jurafsky, n.d.), antes de solicitar los pictogramas asociados a la API de ARASAAC**:**

- **Limpieza de partículas:** se eliminan elementos lingüísticos que no aportan significado visual ni son representables en pictogramas. Por ejemplo, conectores como "entonces", "luego" o artículos como "el", "la" no se traducen en pictogramas y podrían saturar innecesariamente la secuencia. Así, la frase "*Luego el niño se lava las manos*" se simplifica a "*niño lavar manos*" para la búsqueda de pictogramas, ya que el texto que los acompaña se mantiene sin cambios.
- **Lematización:** se transforma cada palabra a su forma canónica o "lema", lo que mejora la correspondencia con los pictogramas disponibles. Por ejemplo, el verbo *"lavándose"* se convierte en *"lavar"*, o el sustantivo en plural *"zapatos"* pasa a *"zapato"*. De este modo, la búsqueda en ARASAAC es más eficaz, al aumentar la probabilidad de encontrar un pictograma coincidente.

Tras esta etapa, el sistema activa el módulo de búsqueda de pictogramas, a través de la localización en la base de datos de ARASACC del pictograma correspondiente a cada término procesado. Finalmente, los resultados se muestran en el editor de planificaciones, en el que el *planificador* podrá revisar, sustituir o eliminar pictogramas antes de almacenar la planificación definitiva.

5.2. Evaluación preliminar de LLMs

De forma preliminar, y a la espera de un estudio más amplio con profesionales y personas con TEA, se ha realizado una comparación preliminar de diferentes LLMs, con el fin de seleccionar una opción adecuada para su integración operativa en PlanTEA-WM. Esta evaluación ha tenido un carácter exploratorio y su objetivo ha sido analizar la viabilidad del uso de la IA en la generación de planificaciones visuales, para reducir así los tiempos de creación y garantizar la coherencia de las secuencias propuestas.

Los modelos comparados fueron **DeepSeek V3[27],** que constituye un modelo de gran escala basado en una arquitectura de tipo *Mixture of Experts* (MoE), que permite seleccionar dinámicamente expertos especializados en diferentes contextos, logrando así una generación de texto de alta calidad y con tiempos de inferencia ajustados

[24] Los *modelos de lenguaje de gran escala* (*Large Language Models*, LLM) son sistemas de aprendizaje profundo entrenados con grandes volúmenes de datos textuales para predecir y generar secuencias lingüísticas coherentes. Constituyen una de las principales aplicaciones de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG), al posibilitar la producción automática de texto con fines comunicativos, creativos o analíticos.

[25] En el ámbito de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG), un *prompt* es la instrucción o conjunto de entradas textuales que guían a un modelo para producir una salida específica, condicionando el contenido, el estilo o el formato de la generación.

[26] OpenRouter: https://openrouter.ai/

[27] Deepseek V3: https://api-docs.deepseek.com/news/news1226

(Rajbhandari et al., 2022); **Gemma 3 1B IT**[28]**,** un modelo ligero, diseñado para ser eficiente en coste y latencia, adecuado para escenarios en los que se prioriza la obtención de una respuesta rápida frente a la complejidad del procesamiento (Google DeepMind, 2025).; y **LLaMA 3.3 70B Instruct**[29]**,** por ser un referente de gran tamaño en el estado del arte, ser ampliamente empleado en tareas de generación instructiva y por su capacidad para producir respuestas detalladas y consistentes (Wei et al., 2022). La selección de estos tres modelos ha buscado cubrir diferentes rangos de complejidad, escalabilidad y eficiencia, asegurando una visión comparativa amplia en esta fase inicial.

La evaluación de las tres opciones seleccionadas se ha llevado a cabo mediante la simulación de **cinco situaciones representativas** del uso de la plataforma PlanTEA-WM, seleccionadas por su relevancia en contextos clínicos, educativos y familiares. Estas situaciones, recogidas en la Tabla 2, incluyen: (i) una rutina de autonomía personal, (ii) una acción funcional en la sociedad, (iii) una planificación con recompensa, (iv) una situación de autorregulación emocional y (v) una interacción social o petición de ayuda. Cada uno de estos *prompts* se procesó con los tres modelos a testear, bajo condiciones homogéneas de generación, con el fin de asegurar comparabilidad entre las salidas.

Para valorar los resultados se ha diseñado una **rúbrica** ***ad-hoc*****,** que incluye cinco criterios de comparación: (i) claridad del lenguaje, (ii) adecuación de la respuesta a personas con TEA, es decir, el uso de un estilo sencillo, literal y accesible, (iii) estructuración de la respuesta en secuencias paso a paso, (iv) relevancia de la respuesta respecto al contexto del escenario planteado y (v) adecuación al tipo de *prompt* y a su finalidad comunicativa. Cada criterio se ha evaluado en una escala de Likert de 1 a 5, con descripciones precisas de los distintos niveles de desempeño. Además de la puntuación global, derivada de la aplicación de la rúbrica, se han registrado métricas de rendimiento, incluyendo el tiempo inicial de respuesta y el tiempo total necesario hasta disponer de una planificación utilizable tras aplicar correcciones menores.

Los resultados de esta evaluación exploratoria ponen de manifiesto una tensión entre calidad y eficiencia. Tal y como se muestra en la Figura 6, los modelos de mayor escala producen salidas con una estructura más clara y adaptada a las necesidades de las personas con TEA, mientras que el modelo más ligero destaca por su rapidez en los tiempos de respuesta, aunque con una menor consistencia en la calidad de las planificaciones generadas. En este contexto, **DeepSeek V3** ofrece un equilibrio especialmente favorable, combinando altos niveles de adecuación en la rúbrica con tiempos competitivos, lo que ha motivado su elección como modelo provisional a integrar en PlanTEA-WM. No obstante, es necesario insistir en que el análisis comparativo realizado es preliminar y está limitado a un conjunto reducido de escenarios representativos. Es necesario, por tanto, realizar un estudio más exhaustivo y formal, actualmente en preparación, que incorpora la participación de profesionales y personas con TEA, para validar estos hallazgos en contextos reales.

Tabla 2. Situaciones representativas utilizadas en la evaluación preliminar de modelos de IA para su integración en PlanTEA-WM, con sus descripciones en español e inglés.

Tipo de situación	Español	English
Rutina de autonomía personal	Cómo cepillarme los dientes	*How to brush my teeth*
Acción funcional en la sociedad	Qué hacer para coger un autobús	*What to do to catch a bus*
Planificación con recompensa	Planificación para ir al hospital y después al parque	*Planning to go to the hospital and then to the park*
Autorregulación emocional	Cómo calmarme cuando estoy enfadado	*How to calm down when I'm angry*
Interacción social / Petición de ayuda	Cómo pedir ayuda en la escuela	*How to ask for help at school*

6. Escenarios de uso ilustrativos

Esta sección presenta tres escenarios de uso que ejemplifican la utilidad de PlanTEA-WM en contextos clínicos, familiares y educativos. En todos ellos se emplean las vistas principales de la plataforma (panel de control del *planificador*, gestor de planificaciones, calendario de eventos y reproductor en la vista del *planificado*), así como los módulos de apoyo (buscador de pictogramas, traductor de texto y documentos a pictogramas en el modo asistido por IA). Además, se pone de manifiesto las características multiusuario y multirrol soportadas por el sistema, mostrando cómo una misma persona *planificada* puede ser gestionada de forma coordinada por distintas personas *planificadoras* sin duplicación de datos.

[28] Gemma 3: https://ai.google.dev/gemma/docs/core?hl=es-419
[29] LLaMA 3.3 70B Instruct: https://huggingface.co/meta-llama/Llama-3.3-70B-Instruct

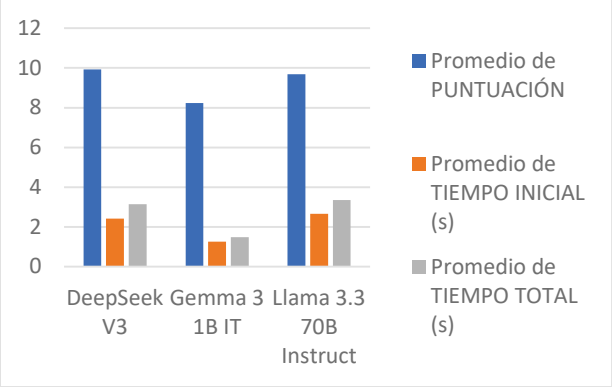


Figura 6. Evaluación comparativa preliminar de modelos de IAG (DeepSeek V3, Gemma 3 1B IT y LLaMA 3.3 70B Instruct) a integrar en PlanTEA-WM. Se representan los valores medios de la rúbrica de valoración diseñada, expresada sobre 10, junto con el tiempo inicial de respuesta y el tiempo total hasta la obtención de una planificación utilizable.

6.1. Preparación coordinada de una consulta médica

Se parte de la siguiente situación ficticia: "*María, terapeuta de un niño con TEA, llamado Pablo, y Javier, padre del menor, necesitan preparar y anticipar la visita al pediatra y asegurar su correcta realización el día de la cita.*"

El proceso comienza accediendo al ***dashboard* del *planificador***, en el que María selecciona la tarjeta de usuario *planificado* (Pablo) y la opción "Compartir planificado". A continuación, introduce la dirección de correo electrónico de Javier. El sistema valida que dicha dirección pertenece a un usuario registrado en PlanTEA-WM, generando una invitación que se envía de forma automática a su dirección de correo electrónico (véase Figura 7a, que muestra la tarjeta de Pablo en el *dashboard* con la acción de compartir, y Figura 7b, que representa la ventana emergente en la que se introduce la dirección de correo).

Javier recibe un mensaje en su correo electrónico con un enlace a PlanTEA-WM. Al acceder, aparece un cuadro de diálogo que le permitirá aceptar o rechazar la invitación. Una vez aceptada, Javier adquiere permisos de co-gestión del perfil de Pablo, sin que se produzca duplicación de datos ni necesidad de crear un nuevo usuario. La Figura 7c muestra este diálogo de confirmación en la plataforma.

Con la colaboración establecida, Javier podrá abrir el **editor de planificaciones** para crear la rutina denominada "Visita al pediatra". En esta vista podrá arrastrar pictogramas, reorganizar pasos y, cuando lo estime conveniente, sustituir algunos de ellos por fotografías reales y familiares para el niño, que refuercen la identificación de dichos elementos por parte de Pablo (Figura 8).

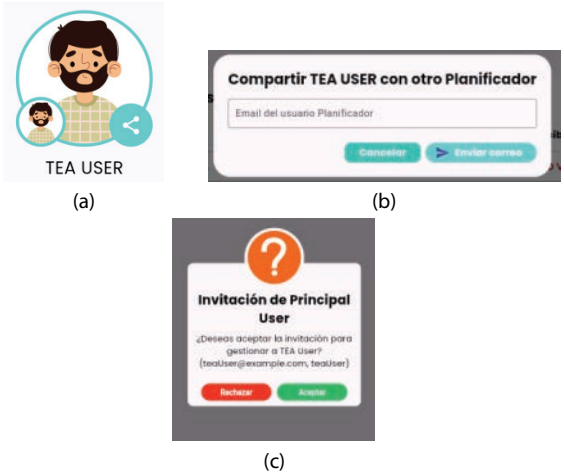


Figura 7. Proceso de compartición de un usuario planificado en PlanTEA-WM. (a) Selección de la tarjeta del usuario con TEA desde el dashboard del planificador. (b) Ventana emergente para introducir la dirección de correo electrónico del planificador invitado. (c) Diálogo de confirmación mostrado en la plataforma al aceptar la invitación, mediante el cual el nuevo planificador adquiere permisos de co-gestión sin duplicar datos.



Figura 8. Ventana modal de edición de pictogramas que permite modificar el nombre y la imagen asociada.

Una vez creada la planificación, Javier accede a la ventana de eventos y programa la "Visita al pediatra" para la fecha y hora de la cita, asociándola a la planificación anteriormente creada y marcándola como visible para su hijo. La Figura 9 muestra el aspecto del calendario, con el formulario de creación del evento, que incluye los campos de título, fecha/hora, planificación vinculada y conmutador de visibilidad.

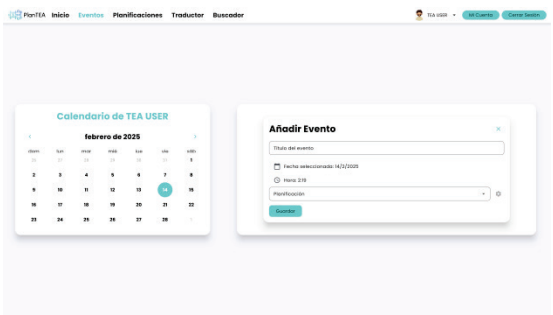


Figura 9. Calendario de PlanTEA-WM con el formulario para añadir eventos, que permite definir título, fecha y hora

Cuando María revisa en el *dashboard los* próximos eventos de Pablo, observa la planificación asociada al nuevo evento y decide introducir algunos pasos que Javier ha omitido y que considera importantes para el niño. Para ello, activa el **traductor asistido por IA** e introduce el siguiente *prompt*: "*preparar visita al pediatra con espera y revisión*". El *backend* procesa la entrada y devuelve una propuesta inicial de secuencia paso a paso, que posteriormente se podrá ajustar manualmente. La Figura 10 muestra la interfaz del traductor en modo asistido por la IA, en el que se puede ver el área de entrada de la consulta o *prompt* (parte superior), así como la respuesta generada y su representación en formato de secuencia de pictogramas (parte central de la interfaz).

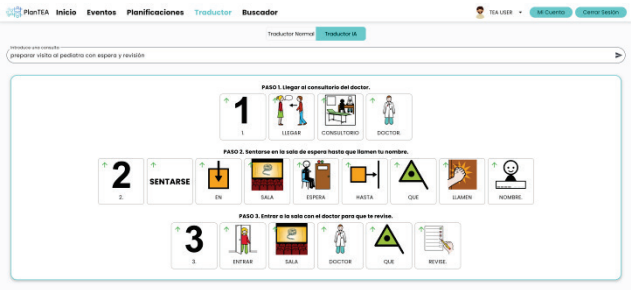


Figura 10. Vista del traductor en modo asistido por la IA, en el que, a partir de un texto de entrada o prompt, se genera una rutina acompañada de su representación en pictogramas.

El día señalado, Pablo accederá al reproductor de la planificación, disponible para el rol *planificado*, pudiendo avanzar paso a paso por la rutina diseñada de manera clara y sencilla.

La aplicación también permite poder seguir y simular dicha planificación con antelación al día del evento, permitiendo así anticipar y preparar en casa dicha situación.

El escenario de uso descrito ilustra, de forma explícita, la utilidad del carácter multiusuario y colaborativo soportado por PlanTEA-WM, así como la integración del traductor con IA, el editor de planificaciones y la programación de eventos en el calendario, todos ellos elementos que contribuyen a una anticipación estructurada y coordinada.

6.2. Traducción de las normas del aula y planificación semanal en un entorno educativo

En un contexto escolar, el tutor y la logopeda comparten la responsabilidad de asistir a una alumna con TEA. Para favorecer su comprensión de las dinámicas del aula, el tutor utiliza el **traductor de documentos** de PlanTEA-WM para convertir el texto del documento "Normas del aula" a su representación como secuencia de pictogramas.

La aplicación procesará todas las palabras del documento y buscará su correspondencia visual en la base de datos de pictogramas de ARASAAC. El resultado de este proceso se muestra en la Figura 11, en la que se puede ver la salida generada por el traductor de documentos con la secuencia visual resultante.

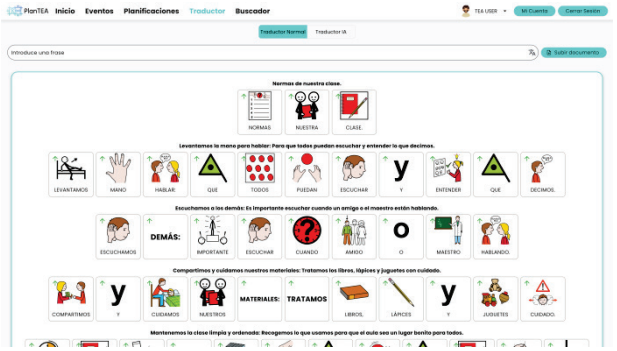


Figura 11. Resultado del traductor de documentos en PlanTEA-WM, que convierte un texto de "Normas del aula" en una secuencia completa de pictogramas obtenidos de ARASAAC.

Posteriormente, la logopeda quiere elaborar varias planificaciones temáticas, como "Entrada al aula", "Recreo" o "Salida". De este modo, cada alumna o alumno con TEA accede a estas planificaciones en el **modo de visualización** configurado para su perfil, ya sea combinando texto e imagen, utilizando solo pictogramas o únicamente texto. Esta flexibilidad garantiza que cada persona pueda seguir las rutinas según sus necesidades específicas de comunicación y comprensión.

Con las planificaciones definidas, el tutor programa **eventos diarios** en el calendario para cada franja horaria de la semana escolar, activando como **visible** únicamente la rutina que corresponde a cada momento del día. De este modo, se evita la sobrecarga de estímulos y se refuerza la anticipación de manera situada en el tiempo. Finalmente, las planificaciones creadas pueden **exportarse a PDF**, para ser colocadas en el aula en formato físico, o a **XML**, para generar copias de seguridad o permitir la interoperabilidad con otros sistemas.

Este escenario de uso muestra cómo el traductor de documentos agiliza la traducción y reutilización de materiales ya existentes y cómo la combinación de planificaciones configurables, eventos y visibilidad proporciona un apoyo situacional eficaz para la anticipación en entornos escolares.

6.3. Autonomía en los desplazamientos

Para ilustrar este escenario, se plantea la siguiente situación: "*Javier, padre de Pablo, un niño con TEA, desea preparar la*

rutina "Ir en autobús para acudir a terapia" con el fin de fomentar su autonomía en los desplazamientos", actividad cotidiana que puede resultar muy desafiante y estresante para ambos (Afif et al., 2022). Para agilizar la tarea de planificación y anticipación de esta rutina, usando PlanTEA-WM, se utilizará el **traductor asistido por IA**, introduciendo el *prompt*: *"ir en autobús desde casa a terapia, comprar billete, esperar, bajar en parada correcta"*. El sistema procesa la entrada y devuelve una propuesta inicial de pasos, traducidos a pictogramas de ARASAAC, que Javier podrá editar y reorganizar manualmente utilizando el **editor de planificaciones**.

Con el objetivo de mejorar la identificación de los elementos que componen la secuencia, Javier sustituye algunos pictogramas críticos, como "esperar en la parada" o "cruzar la calle", por fotografías reales del entorno físico en el que se realizará la tarea (parada de autobús, calle, …). Pablo visualizará esta planificación en el **modo de visualización**, disponible en su perfil, lo que asegura la adecuación a su nivel de comprensión. En la Figura 12, se pueden ver los diferentes modos de visualización que Pablo podría tener configurados.

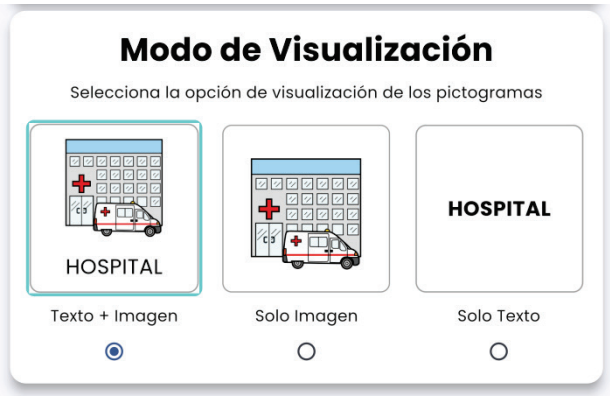


Figura 12. Modos de visualización de pictogramas disponibles en PlanTEA-WM.

Antes del día de la actividad, su hermana Laura edita el evento "Ir en autobús a terapia" en el calendario. En este caso, introduce un cambio para reflejar un **imprevisto**: la necesidad de bajarse una parada antes debido a obras en la vía. En el formulario de edición del evento se sustituye el pictograma representativo de la parada final por otro alternativo, manteniendo el evento marcado como visible para Pablo. Cuando llega la hora del desplazamiento, Pablo accede al **reproductor de la planificación**, disponible en el rol *planificado*, en el que consulta la rutina "Ir en autobús", que es la que le han marcado como visible.

Este escenario de uso pone de relieve la importancia de contemplar mecanismos para la **gestión de imprevistos** en PlanTEA-WM. Actualmente, la modificación de eventos permite realizar sustituciones manuales, pero resulta necesario desarrollar un sistema que marque explícitamente la diferencia entre la planificación original y la modificada, mostrando simultáneamente el pictograma previsto inicialmente y el nuevo. Este tipo de representación ayudaría a las personas con TEA a comprender que ha habido un cambio respecto a lo esperado, minimizando la incertidumbre y facilitando la aceptación de la variación (Rydzewska, 2016). La inclusión de esta capacidad se plantea como una línea de trabajo futuro esencial para reforzar la robustez de la herramienta en contextos cotidianos en los que los imprevistos son frecuentes.

7. Perspectivas de evolución

La mejora de PlanTEA-WM contempla una hoja de ruta que combina la consolidación de las funcionalidades ya implementadas con la incorporación de nuevas capacidades, que amplíen su alcance y robustez. El objetivo es avanzar hacia una plataforma más adaptativa, personalizada y transferible a otros colectivos, manteniendo siempre un enfoque centrado en la persona y en la accesibilidad universal.

Entre los retos inmediatos se encuentra el de reducir la dependencia de proveedores externos en la ejecución de los modelos de IA generativa, dado que ello introduce riesgos de latencia y disponibilidad. Una línea de investigación prioritaria será explorar despliegues en entornos *on-premise* o *edge*[30], que aporten mayor control sobre la infraestructura y aumenten la fiabilidad del sistema (Singh et al., 2023).

En paralelo, se identifican varias líneas de mejora diferenciadas:

- **Cobertura en ARASAAC:** persisten casos en los que determinados conceptos no disponen de pictograma asociado. Para mitigar esta limitación, se plantea explorar fuentes visuales alternativas y permitir la incorporación de pictogramas personalizados, garantizando que la representación gráfica cubra un mayor espectro de situaciones.
- **Control automático de calidad:** se prevé incorporar mecanismos de verificación que detecten metáforas, ambigüedades o pasos excesivamente complejos antes de mostrar la

[30] El término *on-premise* hace referencia al despliegue de los modelos en infraestructuras locales bajo control institucional, mientras que *edge* alude a la ejecución en dispositivos cercanos al usuario, con el fin de reducir la latencia y la dependencia de servicios en la nube.

propuesta al *planificador*, reforzando así la usabilidad de las secuencias generadas.

- **Especialización por dominios:** el uso de plantillas de *prompt* específicas (por ejemplo, higiene, salud o educación) permitirá guiar la generación de rutinas de forma más coherente y contextualizada, aumentando la pertinencia de los resultados en cada ámbito de aplicación.

Como siguiente hito, se prevé la realización de estudios controlados con profesionales y personas con TEA, lo que permitirá validar de manera más robusta la utilidad de la funcionalidad basada en IA generativa en contextos reales. Estos ensayos aportarán información empírica sobre su aplicabilidad y servirán de base para la mejora de los mecanismos de supervisión y edición por parte de los planificadores.

A corto plazo, se prioriza contemplar los criterios de accesibilidad aún pendientes, así como la integración de un mecanismo específico para la gestión de imprevistos en las rutinas.

En una segunda fase, se reforzará la integración de técnicas de IA más robustas y adaptativas, capaces de detectar errores y generar propuestas ajustadas a las necesidades particulares de cada usuario. Para ello, se prevé recoger información, tanto explícita (por ejemplo, valoraciones directas sobre la utilidad de una planificación) como implícita (tiempo de permanencia en la aplicación, repeticiones de simulaciones o interacciones más frecuentes) que permitan crear un "perfil" de usuario. Estos datos permitirán un aprendizaje progresivo que facilite la generación de recomendaciones personalizadas y mejor adaptadas a cada usuario particular (Gheewala, 2025). Además, se desarrollará un *chatbot* integrado en la plataforma, para asistir al planificador en la creación de rutinas, automatizar tareas frecuentes y facilitar la interacción mediante lenguaje natural (Cao et al., 2023).

En el medio plazo, el sistema avanzará hacia una personalización más profunda, incluyendo la adaptación automática de la longitud y complejidad de las rutinas, así como la integración con tableros de AAC y sistemas de entrada/salida por voz. Estas funcionalidades reforzarán la utilidad de la plataforma en contextos clínicos, educativos y familiares, aportando flexibilidad y ampliando los canales de interacción disponibles para las personas con TEA.

El proceso de diseño continuará guiado por un enfoque DCU, en el que el *feedback* continuo de asociaciones y profesionales especializados permitirá priorizar y validar las nuevas funcionalidades antes de su despliegue.

Finalmente, en el largo plazo, se contempla la extensión de PlanTEA-WM a otros colectivos más allá del TEA, como personas con afasia, personas adultas con deterioro cognitivo o con discapacidad intelectual. La modularidad de la arquitectura y la flexibilidad de la plataforma hacen posible esta ampliación, que permitirá generalizar y transferir los beneficios de la anticipación y el empleo de rutinas visuales a un espectro más amplio de potenciales usuarios, lo que aumentará el impacto esperado de PlanTEA-WM en la sociedad.

La Figura 13 resume gráficamente este plan de evolución, mediante un *roadmap* en seis hitos, que reflejan la progresión planificada, desde la consolidación inmediata hasta la expansión futura hacia nuevos colectivos.



Figura 17. Roadmap de evolución de PlanTEA-WM. Principales hitos para la consolidación, extensión y generalización de la plataforma.

8. Conclusiones

PlanTEA-WM constituye la evolución de una aplicación móvil previa (PlanTEA) hacia una plataforma *web* colaborativa, accesible y multirrol, que permite la gestión integral de

rutinas visuales basadas en pictogramas en contextos familiares, educativos y clínicos. La incorporación de un editor de planificaciones, un calendario de eventos y la integración con la API de ARASAAC, para la traducción de texto y documentos, ha permitido superar limitaciones previas, favoreciendo la coordinación entre los diferentes agentes implicados, sin duplicación de datos y garantizando la disponibilidad en cualquier dispositivo conectado a Internet.

La **accesibilidad** se ha consolidado como un eje transversal del desarrollo. La aplicación de las **WCAG 2.2** asegura niveles adecuados de contraste, operabilidad por teclado y claridad en la rotulación, mientras que la introducción de **heurísticas de diseño específicas para usuarios con TEA** refuerza la literalidad, la consistencia y la reducción de la carga cognitiva. La flexibilidad en los modos de visualización de la información (texto+imagen, solo texto o solo imagen), junto con la posibilidad de incorporar contenidos (fotografías) familiares, ha demostrado ser esencial para la adaptación y personalización de los contenidos a distintos perfiles. Asimismo, las pruebas de percepción cromática confirman la robustez de la interfaz frente a diferentes condiciones de visión alterada.

El **proceso de co-diseño iterativo** con asociaciones y profesionales especializados ha permitido ajustar prioridades y descartar patrones contraproducentes, consolidando un diseño centrado en la previsibilidad y la simplicidad. De este modo, se han priorizado funcionalidades orientadas a la planificación y la anticipación de actividades, mientras que se han descartado elementos que podían incrementar la carga cognitiva o generar confusión.

En cuanto al empleo de técnicas de **inteligencia artificial**, la integración de modelos de lenguaje de gran escala en el traductor de texto-a-pictogramas presenta un gran potencial para agilizar la creación de rutinas, reduciendo el tiempo de preparación y proporcionando estructuras claras y secuenciales. No obstante, se mantiene la necesidad de supervisión y edición por parte del *planificador*, persisten limitaciones derivadas de la dependencia de proveedores externos, la cobertura incompleta de determinados conceptos en ARASAAC y la ausencia de pruebas y validaciones con expertos y usuarios finales.

Como **líneas de desarrollo futuro**, se prioriza el cierre de los criterios de accesibilidad, abordando los aún pendientes, el diseño de un **mecanismo específico para la gestión de imprevistos**, que permita representar simultáneamente el pictograma original y el modificado, y el avance hacia una **IA más adaptativa**, capaz de ajustar automáticamente las propuestas en función del perfil del usuario. Asimismo, se prevé la integración con tableros AAC, la incorporación de entrada/salida por voz y la exploración de despliegues en infraestructuras locales para reducir la dependencia de servicios externos.

En síntesis, PlanTEA-WM establece una **base sólida y extensible** para la planificación de rutinas visuales, integrando estándares de accesibilidad, principios de diseño centrado en el usuario e innovaciones en inteligencia artificial. Con la validación en entornos reales y la ampliación funcional prevista, la plataforma se proyecta no solo como un apoyo eficaz para personas con TEA, sino también como una solución transferible a otros colectivos con necesidades de anticipación y estructuración de actividades.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado en el contexto de los proyectos APTEA (Ref. TED2021-131956B-I00), financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR, de los proyectos PlanTEAAF y TEAcompaño (Refs. 2022-GRIN-34175 and Ref. 2025-GRIN-38489, respectivamente), financiados por la Universidad de Castilla-La Mancha y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER); y de los convenios de colaboración y transferencia con las asociaciones de atención a personas con TEA: AUTRADE (Ref. 220413CONV), FACLM (Ref. 230405CONV) y FesPAU (Ref. 240437CONV).

Referencias

Afif, I. Y., Manik, A. R., Munthe, K., Maula, M. I., Ammarullah, M. I., Jamari, J., & Winarni, T. I. (2022). Physiological effect of deep pressure in reducing anxiety of children with ASD during traveling: A public transportation setting. *Bioengineering, 9*(4), 157. https://doi.org/10.3390/bioengineering9040157

Aguiar, Y. P., Galy, E., Godde, A., Trémaud, M., & Tardif, C. (2020). AutismGuide: A usability guidelines to design software solutions for users with autism spectrum disorder. *Behaviour & Information Technology, 41*(11), 1132–1150. https://doi.org/10.1080/0144929X.2020.1856927

Bjarnason, E., Lang, F., & Mjöberg, A. (2023). An empirically based model of software prototyping: A mapping study and a multi-case study. *Empirical Software Engineering, 28*(115), 1–40. https://doi.org/10.1007/s10664-023-10331-w

Cao, C. C., Ding, Z., Lin, J., & Hopfgartner, F. (2023). AI chatbots as multi-role pedagogical agents: Transforming engagement in CS education. *arXiv preprint arXiv:2308.03992*. https://arxiv.org/abs/2308.03992

Chen, B., Zhang, Z., Langrené, N., & Zhu, S. (2025). Unleashing the potential of prompt engineering for large language models. *Patterns (New York, N.Y.), 6*(6), 101260. https://doi.org/10.1016/j.patter.2025.101260

Chia, G. L. C., Anderson, A., & McLean, L. A. (2018). Use of technology to support self-management in individuals with autism: Systematic review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders, 5*(2), 142–155. https://doi.org/10.1007/s40489-018-0129-5

Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, *13*(3), 319-340. https://doi.org/10.2307/249008

Fielding, R. T. (2000). *Architectural styles and the design of network-based software architectures* (Doctoral dissertation, University of California, Irvine). University of California, Irvine. https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm

Gheewala, S., Xu, S. & Yeom, S. In-depth survey: deep learning in recommender systems—exploring prediction and ranking models, datasets, feature analysis, and emerging trends. *Neural Comput & Applic* **37**, 10875–10947 (2025). https://doi.org/10.1007/s00521-024-10866-z

Google DeepMind. (2025). *Gemma 3 technical report*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.19786

Hartley, C., & Allen, M. L. (2015). Symbolic understanding of pictures in low-functioning children with autism: the effects of iconicity and naming. *Journal of autism and developmental disorders*, *45*(1), 15–30. https://doi.org/10.1007/s10803-013-2007-4

Hernández, P., Molina, A. I., Lacave, C., Rusu, C., & Toledano-González, A. (2022). PlanTEA: Supporting planning and anticipation for children with ASD attending medical appointments. *Applied Sciences, 12*(10), 5237. https://doi.org/10.3390/app12105237

Hervás, R., Francisco, V., Méndez, G., & Bautista, S. (2019). A user-centred methodology for the development of computer-based assistive technologies for individuals with autism. In D. Lamas, F. Loizides, L. Nacke, H. Petrie, M. Winckler, & P. Zaphiris (Eds.), *Human-Computer Interaction – INTERACT 2019* (Lecture Notes in Computer Science, vol. 11746, pp. 75–84). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29381-9_6

Jurafsky, D., & Martin, J. H. (n.d.). *Speech and language processing* (3rd ed., draft). Stanford University. Retrieved September 25, 2025, from https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/

Lara, J., Lacave, C., & Molina, A. I. (2025). PlanTEA-WM: A Multi-User Web Platform for Routine Planning and Anticipating Everyday Situations in Individuals With Autism Spectrum Disorder. *IEEE Access*, 13, 180523-180538. https://doi.org/10.1109/access.2025.3617152

Logan, K., Iacono, T., & Trembath, D. (2017). A systematic review of research into aided AAC to increase social-communication functions in children with autism spectrum disorder. *Augmentative and Alternative Communication, 33*(1), 51–64. https://doi.org/10.1080/07434618.2016.1267795

Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., & Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism spectrum disorder. *The Lancet, 392*(10146), 508–520. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31129-2

Morales-Hidalgo, P., Roigé-Castellví, J., Hernández-Martínez, C., Voltas, N., & Canals, J. (2018). Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among Spanish school-age children. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 48*(10), 3176–3190. https://doi.org/10.1007/s10803-018-3581-2

Neimy, H., & Fossett, B. (2022). Augmentative and Alternative Communication (AAC) systems. In *Handbook of special education research* (pp. 375–401). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96478-8_20

Rajbhandari, S., Li, C., Yao, Z., Zhang, M., Aminabadi, R. Y., Awan, A. A., Rasley, J., & He, Y. (2022). DeepSpeed-MoE: Advancing Mixture-of-Experts inference and training to power next-generation AI scale. *arXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.05596

Rydzewska, E. (2016). Unexpected changes of itinerary – adaptive functioning difficulties in daily transitions for adults with autism spectrum disorder. *European Journal of Special Needs Education*, *31*(3), 330–343. https://doi.org/10.1080/08856257.2016.1187889

Schuck, R. K., & Fung, L. K. (2024). A dual design thinking–universal design approach to catalyze neurodiversity advocacy through collaboration among high-schoolers. *Frontiers in Psychiatry, 14,* 1250895. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.1250895

Singh, R., & Gill, S. S. (2023). Edge AI: A survey. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, *3*, 71-92. https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.02.004

Tam, T. Y. C., et al. (2024). A framework for human evaluation of large language models. *NPJ Digital Medicine, 7*(1), 58. https://doi.org/10.1038/s41746-024-01258-7

Uitdenbogerd, A. L., Spichkova, M., & Alzahrani, M. (2022). Web-based search: How do animated user interface elements affect autistic and non-autistic users? *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2211.11993

Valencia, K., Rusu, C., Quiñones, D., & Jamet, E. (2019). The Impact of Technology on People with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Literature Review. Sensors (Basel, Switzerland), 19(20), 4485. https://doi.org/10.3390/s19204485

Valencia, K., Rusu, C., & Botella, F. (2021). User Experience Factors for People with Autism Spectrum Disorder. *Applied Sciences*, *11*(21), 10469. https://doi.org/10.3390/app112110469

Valencia, K., Botella, F., & Rusu, C. (2022). A property checklist to evaluate the user experience for people with autism spectrum disorder. In G. Z. Yang (Ed.), *Social computing and social media: Design, user experience and impact. SCSM 2022. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 13335, pp. 205–216). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05061-9_15

Valencia, K., Hernández del Mazo, P., Molina, A. I., Lacave, C., Rusu, C., & Botella, F. (2024). Evaluating PlanTEA: The practice of a UX evaluation methodology for people with ASD. *Universal Access in the Information Society*. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s10209-024-01175-2

Villamin, G. R., & Luppicini, R. (2024). Co-Designing Digital Assistive Technologies for Autism Spectrum Disorder (ASD) Using Qualitative Approaches. *International Journal of Disability, Development and Education*, 1–19. https://doi.org/10.1080/1034912X.2024.2427606

Wei, J., Bosma, M., Zhao, V. Y., Guu, K., Yu, A. W., Lester, B., Du, N., Dai, A. M., & Le, Q. V. (2022). Finetuned language models are zero-shot learners. *arXiv*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.01652

World Wide Web Consortium (W3C). (2023). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. W3C Recommendation. https://www.w3.org/TR/WCAG22/

Zhang, B., Qi, Y., Yang, Y., & Zhang, J. (2025). Research on the interface design of ASD children intervention app based on Kano-entropy weight method. *Frontiers in Psychiatry, 16,* 1508006. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2025.1508006