# INCLUVERSO 5G

## Tecnologías de realIdad exteNdida y Comunicaciones para la incLUsión de personas en situación de VulnERabilidad psicoSOcial mediante redes 5G avanzadas

| | |
|---|---|
| Entregable E4.3 | Evaluación del caso de uso de Teleformación y validación del INCLUVERSO 5G |
| Parte I | Evaluación del caso de uso de Teleformación |


© 2025 Nokia

# ÍNDICE


1 Introducción ..... 5

2 Teleformación: terapia cognitiva ..... 6

2.1 Adaptación de la aplicación y la red ..... 6

2.2 Grabación y preparación de escenarios ..... 11

2.3 Pruebas piloto y evaluación ..... 19

2.4 Realización y seguimiento del entrenamiento ..... 24

2.5 Análisis de los resultados ..... 34

3 Teleformación - terapia cognitiva: evaluación de la QoE ..... 38

3.1 Diseño y preparación de las pruebas piloto ..... 39

3.2 Metodología de evaluación ..... 43

3.3 Métricas de rendimiento ..... 53

3.3.1 Seguimiento ocular ..... 54

3.4 Análisis de los resultados de las pruebas ..... 57

3.4.1 Cuestionarios ..... 57

3.4.2 Entrevistas y audios ..... 113

3.4.3 Métricas de rendimiento ..... 124

3.4.4 Seguimiento ocular ..... 128

3.5 Evaluación de las prestaciones de teleformación ..... 144

4 Teleformación: seguimiento de la terapia cognitiva ..... 147

4.1 Selección inicial de los participantes ..... 149

4.1.1 Evaluación Cualitativa ..... 149

4.1.2 Evaluación cuantitativa ..... 150




© 2025 Nokia

4.2 Implementación de la terapia ... 160
4.2.1 Sesiones de sensibilización a la tecnología ... 160
4.2.2 Sesiones de entrenamiento en el uso de la tecnología ... 160
4.2.3 Sesiones de estimulación cognitiva ... 161
4.3 Evaluación Post ... 164
4.3.1 Evaluación Cualitativa ... 164
4.3.2 Evaluación Cuantitativa ... 165
4.3.3 Análisis estadístico ... 166
4.4 Conclusiones y líneas futuras ... 173
5 Teleformación: curso de cocina ... 177
5.1 Adaptación de la aplicación y la red ... 177
5.2 Grabación y preparación de contenidos ... 185
5.3 Pruebas piloto y evaluación ... 186
5.4 Realización y seguimiento del programa ... 189
5.4.1 Datos recopilados ... 189
5.5 Análisis de los resultados ... 194
6 Teleformación: evaluación de la QoE durante el curso de cocina ... 196
6.1 Diseño y preparación de las pruebas ... 196
6.2 Metodología de evaluación ... 200
6.3 Análisis de los resultados de las pruebas ... 207
6.3.1 Respuestas obtenidas a los cuestionarios de los/as estudiantes ... 207
6.3.2 Respuestas obtenidas a los cuestionarios de la profesional ... 213
6.3.3 Evaluación de la interactividad a través del seguimiento de manos ... 219
6.4 Evaluación de las prestaciones de teleformación ... 222


© 2025 Nokia

7 Teleformación curso de cocina: seguimiento ..... 226
7.1 Selección de participantes ..... 227
7.2 Estructuración y contenidos de la teleformación ..... 229
7.3 Desarrollo de las sesiones ..... 232
7.4 Evaluación ..... 239
7.5 Resultados y conclusiones ..... 242
8 Acrónimos ..... 245
9 Índice de tablas ..... 246
10 Índice de figuras ..... 248
11 Referencias ..... 258
12 Anexo A ..... 259
13 Anexo B ..... 262


© 2025 Nokia

# 1 Introducción

La Fundación Juan XXIII Roncalli ofrece cursos de formación profesional que otorgan certificados de profesionalidad homologados, facilitando la inserción laboral de personas con discapacidad. Sin embargo, la limitada disponibilidad de plazas y las dificultades para acceder a la formación de forma remota, especialmente para usuarios del Centro Ocupacional de Formación, Oportunidades e Inserción Socio Laboral (COFOIL), representan un obstáculo significativo.

Este caso de uso propone la utilización de tecnologías XR para superar estas dificultades. La inmersión y la sensación de presencia que ofrece la XR son ideales para sesiones de teleformación, permitiendo a los/as estudiantes seguir las lecciones desde casa con un nivel de seguimiento y evaluación similar al presencial y permitiendo el trabajo individualizado de número de sesiones hasta el aprendizaje de los conceptos. Este caso de uso además permite explorar las tecnologías XR en una aplicación real con objetivos de formación predefinidos.

El caso de uso se centra en el área de inserción sociolaboral del COFOIL, donde las personas con discapacidad intelectual tienen menos oportunidades de acceder a la formación y requieren mayor apoyo. El objetivo es mejorar sus posibilidades de inserción laboral mediante la combinación de dos experiencias:

- Estimulación cognitiva: Se implementarán ejercicios de atención, inhibición y velocidad de procesamiento para mejorar las habilidades cognitivas de los participantes, favoreciendo su rendimiento y eficiencia en el trabajo.

La estimulación cognitiva, mediante juegos con niveles de dificultad progresivos, se integra con la XR para crear una experiencia motivadora y personalizada. La versatilidad de la realidad extendida permite adaptar la dinámica de la actividad a los intereses personales y laborales de los participantes.

- Acceso a cursos de formación profesional: Se desarrollará un programa piloto para seguir de forma remota, empleando tecnologías XR, algunas sesiones del curso de Operaciones Básicas de Pastelería.


© 2025 Nokia

# 2 Teleformación: terapia cognitiva

## 2.1 Adaptación de la aplicación y la red

En este apartado se describe el entorno de entrenamiento cognitivo y los recursos empleados para su implementación efectiva. Las sesiones de entrenamiento han tenido lugar en la sala de informática de la Fundación Juan XXIII Roncalli. En el esquema general de la siguiente figura se presenta la conectividad interior de las instalaciones.

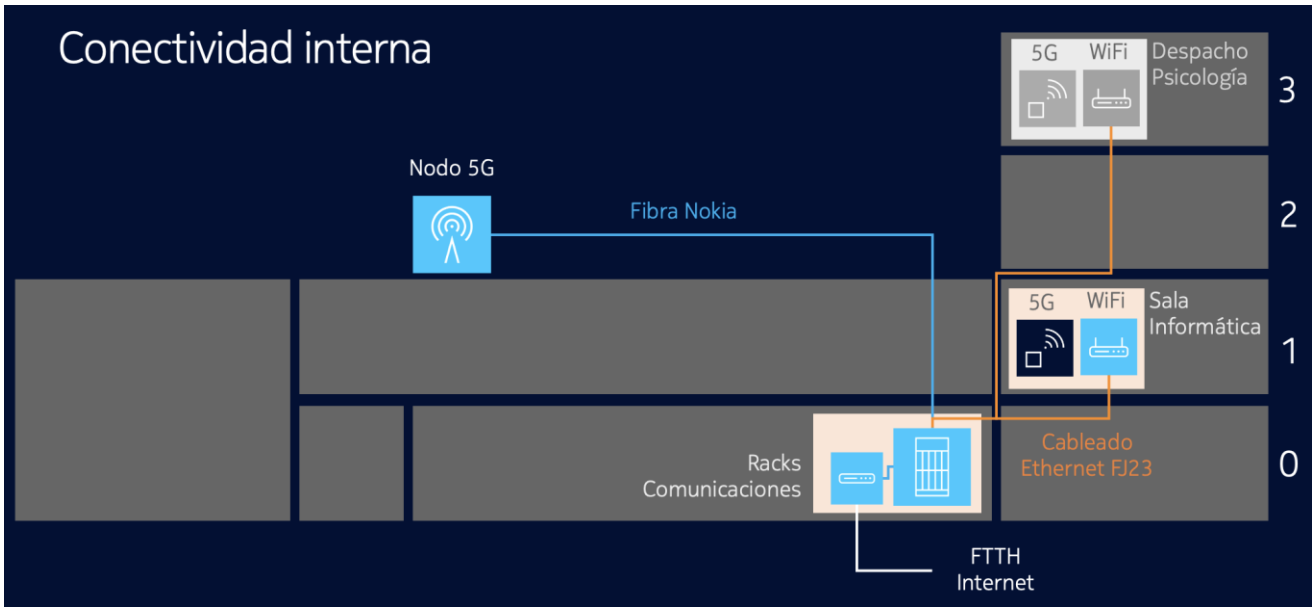



Figura 1: Esquema general de conectividad para las sesiones de entrenamiento cognitivo.

Para implementar la terapia, era necesario disponer de una sala con un espacio lo suficientemente amplio que permitiera a los participantes realizar las tareas propuestas con comodidad y seguridad sin chocarse con nada. Este espacio debía cumplir con dos requisitos principales:

- **Calibración del eye-tracker HTC y visualización de la escena amigable de calibración:** se optó por equipar la sala con una silla colocada en medio de ella que permitiera a las personas usuarias a sentarse de manera cómoda para realizar la calibración. Este enfoque evitaba que tuvieran que permanecer de pie, reduciendo así la posibilidad de cansancio, mareos o desequilibrio.


© 2025 Nokia

- **Movilidad segura en los entornos de realidad virtual (VR):** en las sesiones diseñadas para el entrenamiento cognitivo, se permitió a las personas moverse libremente por la escena para interactuar con los elementos deseados. Esto requería que la sala estuviera diáfana, sin obstáculos, de manera que pudieran desplazarse sin riesgo de choques. Esta disposición ayudaba a que los participantes ganaran confianza progresivamente y contribuía a que el entrenamiento fuera más efectivo.

Figura 2: Espacio en el que se llevaron a cabo las sesiones de entrenamiento.

Durante la sesión, tanto la terapeuta como el participante se encontraban en la sala. Dentro de esta, se estableció un área acotada donde el participante podía moverse libremente, la cual correspondía al área utilizada en VR. Los escenarios virtuales se diseñaron para replicar las dimensiones y la disposición de la sala, de manera que los movimientos y la interacción en la realidad virtual coincidieran con el espacio físico disponible. La terapeuta supervisaba la sesión desde una zona ubicada fuera del área acotada, equipada con una mesa y una silla


© 2025 Nokia

para controlar la sesión. De esta manera, se garantiza tanto la seguridad como la autonomía del participante durante el entrenamiento.

Los materiales utilizados durante el entrenamiento han sido:

- Gafas VR HTC XR Elite, acompañadas de mandos para que el participante las manejara durante la sesión, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3: Gafas VR HTC XR Elite.

- HTC Vive Full Face Tracker para guardar el seguimiento ocular durante las sesiones, mostrado en la Figura 4.

Figura 4: HTC Vive Full Face Tracker.

- Una pulsera Empática Embrace Plus. Es un dispositivo que monitoriza biomarcadores fisiológicos, como la EDA, la frecuencia cardíaca y la temperatura de la piel. Este modelo es más reciente que la Empática E4, utilizada previamente en estudios de


© 2025 Nokia

terapia conductual. La actualización se realizó porque el modelo anterior dejó de recibir soporte.

La pulsera funciona de manera similar al modelo anterior: los datos se registran mediante una aplicación. La Figura 5 muestra el modelo de la pulsera junto con la aplicación. Sin embargo, presenta una limitación, ya que la información no se recibe en tiempo real, sino que se actualiza periódicamente. A pesar de ello, se decidió mantener su uso por varias razones:

- Los participantes en este estudio son sensibles a los equipos que se asemejan a los dispositivos médicos tradicionales, es decir, instrumentos voluminosos con numerosos cables. Por lo tanto, era crucial mantener un dispositivo pequeño y poco invasivo
- La calidad del Empática Embrace plus es uno de los dispositivos más utilizados en investigación, ya que proporciona satos fiables.

Figura 5: Empatica Embrace Plus junto con la aplicación que recoge los datos, que es Empatica Care.

- Samsung Galaxy A17. Es un dispositivo móvil conectado a la Empática Embrace Plus que aloja la aplicación Empática Care.
- Sensores Cometa Pico Blue EMG. Dispositivos inalámbricos utilizados para medir la tensión muscular, mostrados en la Figura 6. Se conectan de forma inalámbrica mediante Bluetooth a la aplicación instalada en el ordenador de la terapeuta.


© 2025 Nokia

Figura 6: Sensores EMG Pico Blue.

- Ordenador MSI Pulse 17 B13VGK. Equipo que aloja tanto la aplicación de control como la de los sensores EMG, y se muestra en la Figura 7. Está equipado con la versión 5.2 de Bluetooth, superior a la mínima recomendada (4.0) para garantizar la correcta conexión y funcionamiento de la recopilación de datos de los sensores EMG.

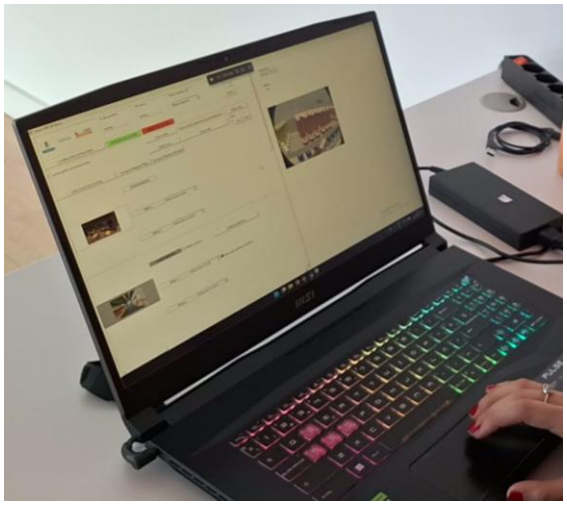


Figura 7: Ordenador MSI Pulse 17 B13VGK junto con la aplicación de control.

- Router Xiaomi AX3200. Se utilizó como punto de acceso para garantizar la conectividad inalámbrica entre las gafas VR, el móvil y el ordenador. Mostrado en la Figura 8.


© 2025 Nokia

Figura 8: Router Xiaomi AX3200.

## 2.2 Grabación y preparación de escenarios

El proceso de preparación de los escenarios ha sido en colaboración de las profesionales de la Fundación Juan XXIII Roncalli, los participantes y los desarrolladores. La selección de los escenarios XR se realizó en colaboración con los participantes, a quienes se les consultó qué entornos les resultaban motivadores o de su interés. A partir de sus respuestas, se eligieron escenarios previamente desarrollados en XR desde *Unit Asset Store*, los cuales fueron adaptados a las dimensiones del área de la sala, permitiendo que los participantes pudieran desplazarse con libertad y seguridad. Esta adaptación se detalla en el entregable 3.2.

No obstante, fue necesario diseñar unos niveles y lógica de juego que permitiera entrenar de forma gradual las habilidades de atención y de respuesta inhibitoria. Cada escenario se estructuró en dos tareas principales con seis niveles de dificultad. En el caso de la cafetería, las tareas consistieron en recoger platos sucios y servir comandas, mientras que en el supermercado se centraron en reponer productos en las estanterías y preparar pedidos. Este diseño también se encuentra descrito en el entregable 3.2, que cuenta con tablas explicando cada nivel. A continuación, se presenta un resumen de la lógica de los niveles presentada en las tablas:

- **Cafetería tarea 1:** En los niveles fáciles (N1-N2), una o dos mesas contienen platos con una variación mínima en los tipos de alimentos. Los platos sucios son idénticos y fáciles de identificar. Luego, en los niveles medios (N3-N4), varias mesas tienen platos con más variedad de alimentos. Los platos sucios siguen siendo idénticos, pero los


© 2025 Nokia

platos de comida son más diversos. Por último, en los niveles difíciles (N5-N6), varias mesas tienen platos limpios y sucios mezclados. Los platos sucios contienen varios tipos de alimentos y los platos de comida tienen una mayor variedad.

La Figura 9 ilustra la distribución de los platos en el nivel uno, mostrando dos mesas separadas, cada una con dos platos diferentes, uno sucio y otro con comida. Por el contrario, la Figura 10 muestra los platos repartidos en tres mesas del nivel seis, donde se mezclan platos limpios y sucios, y los platos sucios y con comida incluyen varios tipos de alimentos.

Figura 9: Cafetería tarea 1, nivel 1. Mesas con platos sucios y con comida separados.

Figura 10: Cafetería tarea 1, nivel 6. Mesas con platos sucios y con comida entremezclados.

- **Cafetería tarea 2:** En los niveles fáciles (N1-N2), una o dos mesas tienen pedidos sencillos. Los pedidos incluyen bebidas y/o comidas. Luego, en los niveles medios (N3-


© 2025 Nokia

N4), tres mesas esperan un pedido cada una. Los pedidos incluyen pares de comidas o bebidas similares. Por último, en los niveles difíciles (N5-N6), tres mesas con dos pedidos cada una. Los pedidos incluyen varias comidas o bebidas similares.

La Figura 11 muestra las bebidas que se sirven en las mesas del primer nivel, que varían entre ellas. Mientras que la Figura 12 muestra las comidas del nivel 6, donde los usuarios deben distinguir entre opciones muy similares, como cuatro hamburguesas y dos pizzas con ligeras diferencias.

Figura 11: Cafetería tarea 2, nivel 1. Productos de la barra de servicio diferentes entre sí.

Figura 12: Cafetería tarea 2, nivel 6. Productos de barra de servicio parecidos entre sí.

- **Supermercado tarea 1:** En los niveles fáciles (N1-N2): solo hay que colocar un producto, hay uno o dos estantes activos y no hay distractores, o solo hay uno, pero no está presente en los estantes. Niveles medios (N3-N4): hay que colocar uno o dos productos en dos estantes. Los productos empiezan a parecerse más y los distractores incluyen productos que están en los estantes pero que no hay que reemplazar. Hay que colocar varios objetos a la vez. Niveles difíciles (N5-N6): los


© 2025 Nokia

usuarios deben manejar dos o tres productos en varios estantes, los productos se parecen más y hay un mayor número de ambos tipos de distractores.

La Figura 13 y Figura 14 muestran ejemplos de productos de los niveles uno y seis de la primera tarea del supermercado. Las imágenes anteriores proporcionan un ejemplo ilustrativo de los artículos que se seleccionaron en el juego, dispuestos para resaltar las diferencias visuales. En la práctica, se incluyó una mayor variedad de productos y su orden se aleatorizó durante el juego. La Figura 15 muestra una los posibles elementos distractores fuera de los estantes utilizados en el juego.

Figura 13: Supermercado nivel 1. Selección de productos mostrados en el estante 1.


© 2025 Nokia

Figura 14: Supermercado nivel 6. Selección de productos mostrados en el estante 1.

Figura 15: Distractores que no están en los estantes.

- **Supermercado tarea 2:** En los niveles fáciles (N1-N2): los productos están asociados a un solo pedido y se recogen de una sola estantería. Al principio (N1), los artículos se distinguen claramente, mientras que en N2, los productos de la estantería se vuelven más similares, lo que aumenta la dificultad. Para completar los niveles, hay que colocar 15 artículos. Niveles medios (N3-N4): los productos están asociados a dos pedidos, lo que requiere que el usuario clasifique los productos en dos destinos y los recoja de


© 2025 Nokia

dos estantes. Al igual que en los niveles fáciles, N3 utiliza productos que son más fáciles de distinguir, mientras que N4 introduce una mayor similitud visual. Para completar los niveles hay que colocar 18 artículos. Niveles difíciles (N5-N6): los participantes deben gestionar tres pedidos y recuperar productos de tres estantes. La similitud visual de los productos aumenta en comparación con los niveles anteriores. Para completar los niveles, es necesario colocar 24 artículos.

La Figura 16 muestra un ejemplo de colocación de productos en el nivel seis.

Figura 16: Supermercado nivel 6. Selección de productos mostrados en el estante 2.

El diagrama mostrado en la Figura 17 describe las reglas y condiciones clave que determinan la progresión o regresión de los usuarios dentro del juego. El proceso sigue los siguientes pasos, garantizando una experiencia de aprendizaje equilibrada basada en la mejora de las habilidades cognitivas y la gestión de errores:

- **Inicio de sesión:** el usuario comienza en un nivel específico (N) con tres vidas.
- **Entrenamiento cognitivo:** durante la sesión, el usuario participa en una escena de entrenamiento cognitivo en la que debe completar una serie de tareas.
- **Evaluación del progreso:** el sistema verifica si el usuario ha completado el nivel. En caso contrario, el entrenamiento continúa hasta que se logre completarlo.


© 2025 Nokia

- **Condición para avanzar de nivel:** para pasar al siguiente nivel (N+1), el usuario debe completar el mismo nivel en tres repeticiones.
- **Gestión de errores:** si el usuario comete un error, el sistema comprueba si ha acumulado más de tres. Si supera este límite, pierde una vida.
- **Condición para retroceder de nivel:** si el usuario pierde todas sus vidas, retrocede al nivel anterior (N-1).

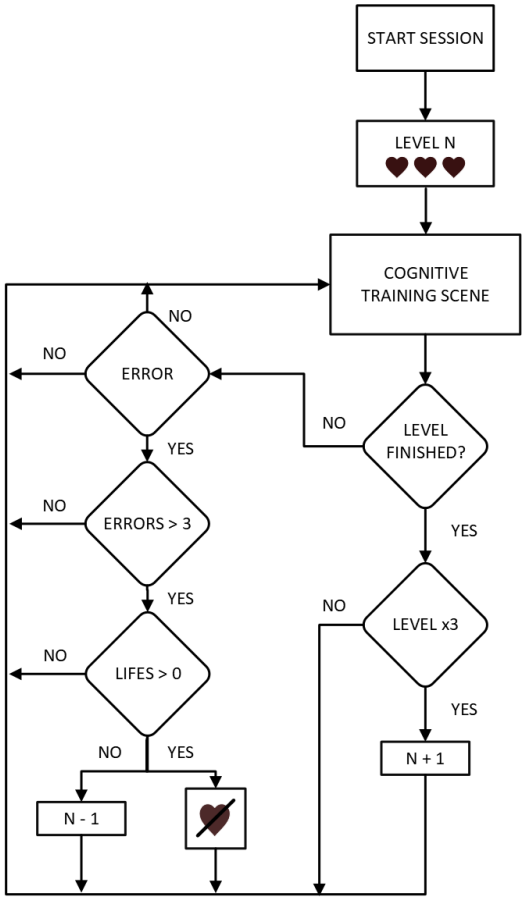



Figura 17: Lógica de juego en el entrenamiento cognitivo.

Además, no todos los participantes poseen habilidades de lectoescritura, por lo que se prepararon grabaciones de audio que la terapeuta puede reproducir desde la interfaz, de modo que se escuchen directamente a través de las gafas VR durante la sesión. Además, favorece la inmersión del usuario, comparando con si la psicóloga hablase. Las grabaciones incluyen las instrucciones del entrenamiento, la Tarea 1, la Tarea 2, y guías que ayudan a los


© 2025 Nokia

usuarios cuando no encuentran algo. Estas guías les orientan sobre hacia dónde deben ir si están bloqueados. Los audios grabados son los siguientes

Instrucciones en el escenario de la cafetería

- **Entrenamiento:** "Recoge los platos sucios de las mesas y llévalos a la barra"
- **Tarea 1:** "Recoge solamente los platos sucios y llévalos al estante de platos sucios"
- **Tarea 2 (versión corta):** "Sirve las comidas y bebidas de la barra a las mesas"
- **Tarea 2 (versión larga):** "Sirve las comidas y bebidas de la barra a los círculos en las mesas"

Instrucciones en el escenario del supermercado

- **Entrenamiento y Tarea 1:** "Coloca los objetos que faltan en las estanterías"
- **Tarea 2 (versión corta):** "Coge los productos de las estanterías y colócalos en las cajas"
- **Tarea 2 (versión larga):** "Coge los productos de las estanterías siguiendo la lista del pedido y colócalos en sus cajas correspondientes"

Audios que guian a los usuarios cuando estén bloqueados o perdidos

- "Mira arriba"
- "Mira abajo"
- "Mira a la izquierda"
- "Mira a la derecha"
- "Mira detrás"
- "Anda hacia adelante"
- "Avanza"
- "Nivel finalizado"

Sin embargo, los audios con las guías no resultaron ser tan efectivas como se esperaba, ya que era necesario que la psicóloga proporcionara más explicaciones sobre hacia dónde deberían dirigirse. Para solucionar esto, se incluyó en la interfaz la opción de grabar la voz desde el ordenador. Las grabaciones capturan tanto la voz de la terapeuta como la del usuario. Estas grabaciones están destinadas a un análisis temático posterior.


© 2025 Nokia

## 2.3 Pruebas piloto y evaluación

Previamente y durante las sesiones de entrenamiento cognitivo con las personas usuarias de la Fundación Juan XXIII Roncalli, se llevaron a cabo una serie de pruebas piloto desde las que hemos tenido que hacer modificaciones tanto en la aplicación como en el diseño de las sesiones de estimulación.

- Se realizó una visita a la Fundación Juan XXIII para presentar los escenarios y analizar el espacio requerido para su implementación. Durante la visita, la Fundación seleccionó una sala con dimensiones de **8m x 4.2m** para llevar a cabo las sesiones. Sin embargo, al comparar estas dimensiones con el tamaño de los escenarios adquiridos, se observó que estos eran más amplios. Se realizaron ajustes en la distribución y escalado de los escenarios, adaptándolos a las dimensiones de la sala. La Figura 18 muestra la escena del supermercado antes de ajustar las dimensiones.

Figura 18: Escenario inicial del supermercado.

- Se realizó una reunión en la que se definieron las tareas, niveles y fases de la aplicación. En la prueba piloto con BricksVR se observó que a los usuarios al principio tenían que entender cómo coger los objetos, y por ello, se acordó incluir un nivel de entrenamiento enfocado en la manipulación de objetos y el desplazamiento en el entorno. En la cafetería, el entrenamiento consistirá en recoger platos sucios, mientras que en el supermercado se centrará en la reposición de productos en las baldas.


© 2025 Nokia

- Se realizó otra visita a la Fundación Juan XXIII en la que se realizaron pruebas de las fases de entrenamiento del supermercado y la cafetería con profesionales y dos usuarios de la Fundación: una usuaria de terapia conductual con experiencia previa en el uso de gafas y otro usuario que las probaba por primera vez. Los profesionales encontraron la fase de entrenamiento de la cafetería más sencilla que la del supermercado, por lo que esta última deberá ajustarse para facilitar la manipulación de productos y el desplazamiento. La usuaria de escaleras completó rápidamente la fase de entrenamiento, mientras que el usuario sin experiencia tuvo dificultades en la identificación de algunos platos y mencionó sentirse algo mareado al utilizar las gafas. La Figura 19 muestra dos imágenes de un usuario y una profesional probando los niveles de entrenamiento de la cafetería y supermercado para el entrenamiento cognitivo. También se decidió incluir pistas de audio con instrucciones para el entrenamiento, la tarea 1 y la tarea 2, así como frases orientativas para guiar al usuario en la dirección correcta. Estas pistas permiten que la psicóloga no intervenga durante la sesión, asegurando así una experiencia inmersiva.

  Además, durante esta sesión, se observó que el suelo presentaba varias cajas con relieve para los enchufes, lo que suponía un inconveniente, ya que podía provocar que los participantes perdieran el equilibrio y cayeran al suelo. Para solventar esta situación, se realizó, junto con el equipo de la Fundación, una modificación que permitió aplanar la superficie, eliminando el relieve y garantizando así la seguridad y comodidad de los participantes. Esta adaptación está mostrada en la Figura 20.


© 2025 Nokia

Figura 19: Un usuario y una profesional del centro probando la primera versión de la aplicación de entrenamiento cognitivo.

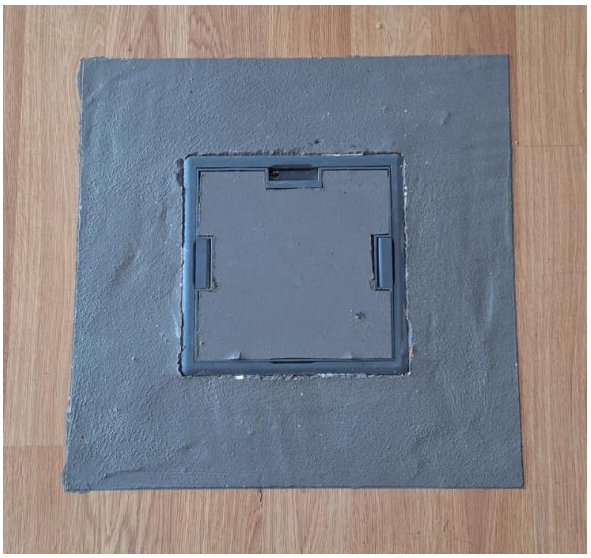


Figura 20: Adaptación del relieve de las cajas del suelo de la sala de informática.

- Se realizó otra visita al centro ocupacional para realizar la instalación de la interfaz en el ordenador que hay ahí y para ajustar el área de juego para comenzar el entrenamiento.
- Se llevaron a cabo las primeras sesiones de entrenamiento en el supermercado y la cafetería. La calibración se inició con el mando, pero resultó complicada y no pudo completarse, por lo que se pasó directamente a los escenarios. El primer usuario logró


© 2025 Nokia

finalizar la tarea, mientras que el segundo, debido a los nervios iniciales y el tiempo que tardó en adaptarse, no pudo completarla, ya que cuando alcanzó mayor soltura, estaba fatigado. A partir de estas pruebas, se identificó la necesidad de familiarizar a los participantes con la tecnología antes de las sesiones formales, mediante escenarios relajantes y sin la presión de tareas específicas. En las próximas sesiones, se trabajará en la calibración, la introducción a un escenario relajante y la exploración del entorno antes de iniciar el entrenamiento.

- Durante las sesiones de adaptación a la tecnología se identificaron problemas de calibración en las gafas, los cuales persisten y parecen estar influenciados por su colocación, funcionando mejor cuando los propios usuarios se las ajustan. Aun cambiando este procedimiento, con algunos usuarios no se conseguía lanzar la calibración y por ello, se decidió añadir una escena en Unity que permita calcular el error de calibración de manera más intuitiva y amigable. También, el proceso de calibración manual con el mando genera mareo, aunque no hay una forma directa de lanzar la calibración sin el mando. Se llevó a cabo una reestructuración de las sesiones: primero se lanza la calibración de HTC y después la aplicación de Unity. Dentro de esta aplicación, se inicia primero la escena de calibración amigable desarrollada, luego se realiza la tarea, y finalmente se vuelve a lanzar la escena de calibración amigable.
- Una vez superado el periodo de adaptación a la tecnología, comenzaron las sesiones de entrenamiento. Sin embargo, durante estas sesiones se vio que había que realizar cambios en la aplicación. En la cafetería se encontraban platos limpios con cubiertos en las mesas fuera del área de juego. Estos elementos formaban parte de la escena de prueba, y por el momento se decidió no retirarlos. Sin embargo, se observó que, en ocasiones, los jugadores salían del área de juego y tomaban los platos de otras mesas. Para corregir esto, se optó por eliminar los platos y se añadió una función en la aplicación que genera un mensaje de error y hace vibrar el mando cada vez que el jugador se aleja del área de juego.
- Una vez finalizado el entrenamiento, se inició el nivel 1 de la Tarea 1 de los escenarios de cafetería y supermercado. A partir de este punto, se introdujeron cuestionarios para recopilar datos sobre la experiencia de los usuarios, incluyendo preguntas sobre presencia espacial, mareo, interacciones, entre otros aspectos. Sin embargo, dos


© 2025 Nokia

preguntas del cuestionario inicial, relacionadas con la intuición del escenario y si las acciones realizadas habían tenido un impacto en el mundo virtual, generaron confusión entre los usuarios, por lo que se decidió eliminarlas. Además, aunque se habían tomado medidas de la pulsera previamente, en esta fase se comenzó a registrar de manera formal para el análisis. Para establecer una línea base, se decidió que los usuarios permanecieran sentados y relajados durante 10 minutos en la sala, sin movimiento, lo que facilitó un análisis posterior más preciso.

- A lo largo de las sesiones, se observó que algunos usuarios completaban ciertos niveles con bastante rapidez. Si no mostraban signos de fatiga, se decidió que podrían realizar más de un nivel por sesión, pero para ello era necesario ajustar la estructura de la sesión de terapia. La nueva estructura propuesta consiste en comenzar con 10 minutos de relajación, con los sensores puestos, seguidos de la calibración del HTC. Luego, se lanza la aplicación de Unity y se inicia la escena de calibración amigable. Después, se ejecuta el nivel correspondiente y se repite la escena de calibración amigable. A continuación, se detiene la aplicación de Unity y se realiza el cuestionario al usuario sin las gafas. Finalmente, se reinicia el proceso, comenzando nuevamente con la calibración del HTC, lanzando la aplicación de Unity con los mismos pasos y lanzando el siguiente nivel.

El resumen de los principales aspectos considerados tras estas pruebas piloto fue:

- Inclusión de unas sesiones de adaptación a la tecnología. En estas sesiones se entrena en la calibración del eye-tracking, se visualizan los vídeos 360º relajantes y luego los participantes se mueven alrededor de las escenas.
- Inclusión de una escena de calibración amigable para los participantes.
- Grabaciones de audio durante las sesiones. Se incorporaron grabaciones que permiten registrar la interacción de la terapeuta con los participantes, así como las respuestas de estos a los escenarios, favoreciendo la supervisión y el análisis posterior de las sesiones.
- Posibilidad de completar más de un nivel por sesión. Se definió que los usuarios pueden realizar varios niveles en una misma sesión siempre que se respete una estructura planificada.


© 2025 Nokia

## 2.4 Realización y seguimiento del entrenamiento

Un gran reto del caso de uso ha sido trasladar el entrenamiento de habilidades cognitivas, tradicionalmente trabajado en la Fundación Juan XXIII Roncalli mediante lápiz y papel o a través de ordenadores, a un entorno de realidad virtual. El desafío radica en garantizar que la práctica dentro de la aplicación VR tenga un impacto real y transferible, de modo que los avances se vean reflejados en la evaluación de las habilidades cognitivas realizada en los test pre y post.

Se ha trabajado en un diseño conjunto entre profesionales, un equipo desarrollador y personas usuarias de la Fundación Juan XXIII con el objetivo de crear un sistema motivador, accesible y, al mismo tiempo, práctico para el entrenamiento de habilidades cognitivas. Este proceso de co-diseño ha resultado imprescindible para garantizar el correcto funcionamiento de la herramienta. Asimismo, se elaboró un manual de instrucciones destinado a la terapeuta, que puede consultarse para la guía con la aplicación de control o en caso de dudas o incidencias técnicas (incluido en el Anexo A)

El equipo desarrollador participó activamente en las primeras sesiones de uso, con el fin de observar directamente las posibles dificultades y realizar las modificaciones necesarias ante dificultades o errores. Gracias a este proceso iterativo, y pese a la complejidad tecnológica involucrada, se ha conseguido obtener resultados fiables y evidenciar los beneficios del uso de la realidad virtual en este ámbito.

Para la implementación del entrenamiento cognitivo ha sido necesaria una aplicación de control, diseñada específicamente para que la terapeuta pueda gestionar el desarrollo de cada sesión. Esta herramienta, similar a la utilizada en el caso de uso de terapia conductual, incorpora algunas adaptaciones que permiten ajustarla a las necesidades de este nuevo contexto. La aplicación no solo facilita el control en tiempo real de la sesión, sino que también permite registrar y almacenar información relevante para su posterior análisis. En la Figura 21 se presenta la interfaz de la aplicación de control, la cual se organiza en dos zonas principales: el área de control (ubicada a la izquierda) y el área de visualización o *viewport* (a la derecha). En el área de control se agrupan las siguientes funciones:


© 2025 Nokia

- **Datos del participante** (color rojo): permite introducir la información básica necesaria para la sesión.
- **Gestión de la aplicación Unity** (color azul): incluye las opciones para iniciar y parar la aplicación durante el entrenamiento.
- **Control de audio** (color verde): posibilita la reproducción de instrucciones de las tareas.
- **Gestión de errores y realimentación de vidas** (color rosa): permite a la terapeuta poder lanzar un error en caso de que lo vea necesario y muestra el número de vidas que le quedan al participante
- **Selección del escenario** (color azul oscuro): permite elegir el entorno virtual que se utilizará durante la sesión.

Por su parte, en la parte derecha de la interfaz se encuentra el **área de visualización** (*viewport*, color cian), donde se muestra en tiempo real lo que ocurre en la escena de realidad virtual, permitiendo a la terapeuta supervisar la actividad del participante.

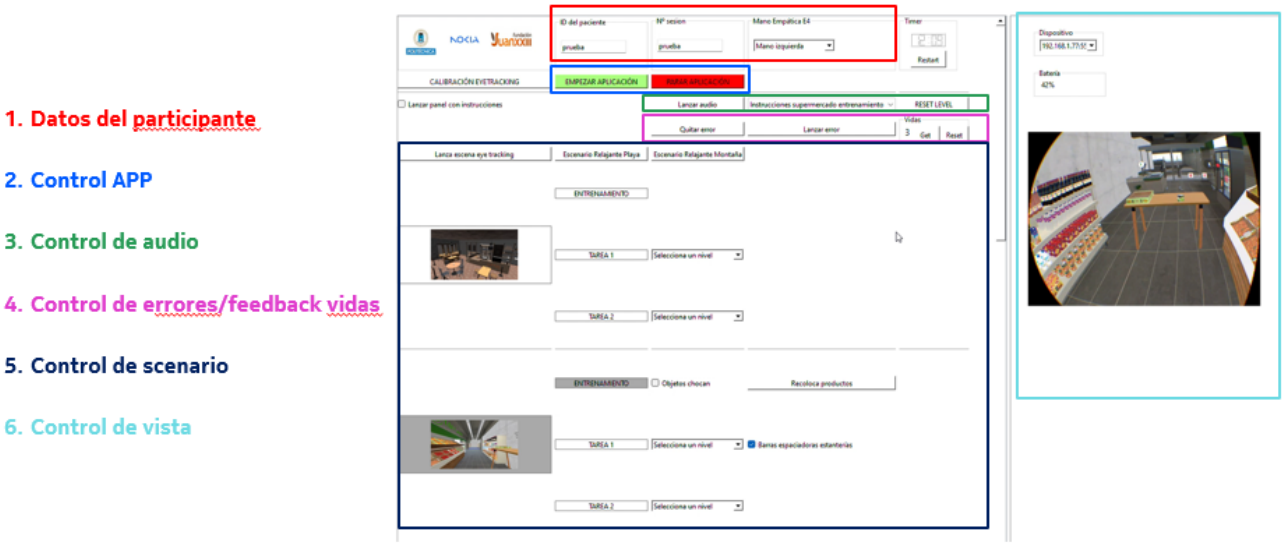



Figura 21: Aplicación de control de la terapeuta.

Con la información introducida por la terapeuta (ID del paciente, Nº de sesión y mano en la que el participante se ha colocado la Empática Embrace Plus) y una marca de tiempo, se


© 2025 Nokia

guardan datos recogidos durante la sesión automáticamente al ordenador desde la aplicación de control. Los ficheros son los siguientes:

- Logs con eventos: registra la escena que se lanza y los eventos que ocurren durante el juego, como muestra en la Figura 22. Esto permite el análisis del desempeño del participante y la revisión de posibles errores del juego.

```
UserID,EC1,NSession,7,ManoE4,mano_izquierda
TimeStamp,EVENT
1736856398577,Escena_EyeTrackingTest
1736856398709,StartCalibrationTest
1736856438310,Escena_Cafeteria_Tarea_1;Nivel3
1736856443596,LanzaAudio;Instruccionescafeteriatarea1
1736856479494,Lanza_Acierto
1736856490633,Lanza_Acierto
1736856503633,Lanza_Acierto
1736856512084,Lanza_Acierto
1736856519770,Lanza_Acierto
1736856528534,Lanza_Acierto
1736856528556,Nivel_finalizado_Cafeteria_Tarea_1_3_Repeticion_1
1736856548047,Lanza_Acierto
1736856560410,Lanza_Acierto
1736856572151,Lanza_Acierto
1736856580927,Lanza_Acierto
1736856588745,Lanza_Acierto
1736856598625,Lanza_Acierto
```

Figura 22: Ejemplo de un archivo de monitorización de la sesión con los datos de las sesiones.

- Logs con la calibración amigable eye-tracking: registra los datos obtenidos durante el proceso de calibración amigable, incluyendo la posición, rotación y escala y de los objetos implicados en la calibración, y se muestra en la Figura 23. Esta información permite analizar el error del seguimiento ocular para posteriormente hacer un análisis y corrección de errores en participantes que no hayan conseguido la calibración HTC.

```
UserID;EC1;NSession;7
timestamp;ID;object;active;loc_position.x;loc_position.y;loc_position.z;loc_rotation.x;loc_rotation.y;loc_rotation.z;loc_scale.x;loc_scale.y;loc_scale.z;world_position.x;world_position.y;world_position.z;world_rotation.x;world_rotation.y;world_rotation.z;world_scale.x;world_scale.y;world_scale.z
1736856398710;-460;StarQuad(Clone);True;0;0;2;-3,390265E-06;6,708256E-06;0,2789302;0,25;0,25;5;-0,9087583;1,550212;-1,725166;349,2112;198,6898;-1,086421E-06;0,25;0,25;5,000001;
1736856398710;-460;StarQuad(Clone);True;0;0;2;-3,390265E-06;6,708256E-06;0,2789302;0,25;0,25;5;-0,9087583;1,550212;-1,725166;349,2112;198,6898;-1,086421E-06;0,25;0,25;5,000001;
1736856398732;-460;StarQuad(Clone);True;0;0;2;-3,390265E-06;6,708256E-06;0,2789302;0,2499933;0,2499933;4,999866;-0,9085771;1,55033;-1,725095;349,2102;198,6955;0,03278579;0,2499934;0,2499933;4,999867;
```

Figura 23: Ejemplo de un archivo de monitorización de la sesión con los datos de la escena de calibración amigable.

- Los con datos del movimiento de ojos y posición y rotación de la cabeza: registra la posición y rotación de la cabeza, así como variables asociadas al *eye-tracking* (seguimiento ocular, apertura ocular y diámetro pupilar). La Figura 24 muestra un


© 2025 Nokia

ejemplo de los datos. Estos datos permiten el posterior análisis del seguimiento ocular para evaluar la atención.

```
UserID;EC1;NSession;7
Timestamp;Validity;HeadPositionX;HeadPositionY;HeadPositionZ;HeadRotationX;HeadRotationY;HeadRotationZ;EyeTrackingStatus;EyeTrackingValidity;LeftEyeOriginX;LeftEyeOriginY;
1736856397093;0000000000;-0,2802787;-0,4463323;0,1363788;349,0341;198,7762;359,6575;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0
1736856397128;1111111111;-0,2802775;-0,4461508;0,1364949;348,9496;198,7526;359,7346;-0,2545835;-0,4522306;0,109075;-0,3150001;-0,438959;0,1235862;-0,2847918;-0,4455948;0,
1736856397156;1111011011;-0,280275;1,176914;0,136465;348,9002;198,7465;359,7303;-0,2545883;-0,4520669;0,1091894;-0,3149842;-0,4387051;0,1237042;-0,2847862;-0,445386;0,116
1736856397163;1111011011;-0,2802674;1,176991;0,1364389;348,8624;198,7565;359,6921;-0,2545836;1,171016;0,1091576;-0,3149785;1,184378;0,1236763;-0,2847811;1,177697;0,116417;
1736856397169;1111011011;-0,2802802;1,176975;0,1364311;348,8549;198,7649;359,675;-0,2545749;1,171126;0,1091254;-0,3149746;1,184451;0,1236581;-0,2847748;1,177788;0,1163917;
```

```
LeftEyeOriginZ;RightEyeOriginX;RightEyeOriginY;RightEyeOriginZ;CombinedEyeOriginX;CombinedEyeOriginY;CombinedEyeOriginZ;LeftEyeDirectionX;LeftEye

163306;-0,1770899;-0,1512652;-0,9725009;-0,4548227;0,01189432;-0,8905026;-0,2821945;-0,03719069;-0,958636;1;1;4,484989;6,545948
468;-0,2969489;-0,1767148;-0,9383993;NaN;NaN;NaN;-0,278018;-0,06846928;-0,9581326;1;0;4,484989;6,545948
-0,2791327;-0,14484;-0,9492661;NaN;NaN;NaN;-0,2788424;-0,07863737;-0,9571119;1;0;4,484989;6,545948
-0,2882254;-0,1321584;-0,9483988;NaN;NaN;NaN;-0,2794019;-0,08066577;-0,9567797;1;0;4,484989;6,545948
```

Figura 24: Ejemplo de un archivo de monitorización de la sesión con los datos del seguimiento de ojos y la posición y rotación de la cabeza.

- Logs de seguimiento de objetos en movimiento: registra la posición, rotación y escala de los objetos activos en la escena, junto con su identificador y nombre. Esta información permite reconstruir los movimientos dentro del entorno VR y analizar la interacción de los participantes con los elementos del escenario. La Figura 25 presenta un ejemplo del fichero de una sesión.

```
UserID;EC1;NSession;7
timestamp;ID;object;active;position.x;position.y;position.z;rotation.x;rotation.y;rotation.z;scale.x;scale.y;scale.z
1736856439063;-872;TostadaSalmon(Clone);True;-1,181;0,7999741;0,2389998;0,01674795;-0,000285915;359,9809;1;0,9999999;0,9999999
1736856439063;-898;plato_sucio(Clone);True;0,179;0,7955421;1,846;270;3,478994E-05;0;0,9999999;1;1
1736856439063;-910;plato_sucio(Clone);True;-0,5560001;0,7958221;-2,09;270;90,00001;0;0,9999999;0,9999999;0,9999999
1736856439063;-922;TostadaSalmon(Clone);True;-0,8900004;0,7999688;-0,07099972;0,03550219;-0,0002024734;359,9915;1;1;1
1736856439063;-948;plato_sucio(Clone);True;-0,08600008;0,7955421;2,003;270,028;90;0;1;1;1
1736856439063;-960;plato_sucio(Clone);True;-0,147;0,795822;-2,207;270;-1,006276E-05;0;0,9999999;1;1
1736856439063;-972;Chicken plate(Clone);True;-0,5559999;0,7978865;0,2390001;1,295173E-05;-3,787065E-06;1,401522E-05;1,4;1,4;1,4
1736856439063;-988;plato_sucio(Clone);True;0,5150001;0,7955419;2,003;270;270;0;0,9999998;0,9999999;0,9999999
1736856439063;-1000;plato_sucio(Clone);True;-0,196;0,795822;-1,917;270;180;0;1;1;1
1736856439181;-872;TostadaSalmon(Clone);True;-1,181;0,7999672;0,2390002;0,01518768;-6,672073E-06;359,9818;1;1;0,9999999
1736856439181;-898;plato_sucio(Clone);True;0,179;0,7954782;1,846;270;3,649679E-05;0;0,9999999;1;1
1736856439181;-910;plato_sucio(Clone);True;-0,5560001;0,7954782;-2,09;270;90,00001;0;0,9999998;0,9999998;0,9999998
1736856439181;-922;TostadaSalmon(Clone);True;-0,8899999;0,7999616;-0,07099955;0,03467989;1,436245E-05;359,9929;1;1;1
1736856439181;-948;plato_sucio(Clone);True;-0,08600009;0,7954782;2,003;270;90;0;0,9999999;0,9999999;0,9999999
1736856439181;-960;plato_sucio(Clone);True;-0,147;0,7954782;-2,207;270;-2,042718E-05;0;0,9999999;1;1
1736856439181;-972;Chicken plate(Clone);True;-0,5559999;0,7978614;0,2389999;2,718131E-05;-5,510476E-06;1,618014E-05;1,4;1,4;1,4
1736856439181;-988;plato_sucio(Clone);True;0,5150001;0,7954781;2,003;270;270;0;0,9999999;0,9999999;0,9999999
1736856439181;-1000;plato_sucio(Clone);True;-0,196;0,7954782;-1,917;270;180;0;1;1;1
```

Figura 25: Ejemplo de un archivo de monitorización de la sesión con las posiciones de objetos que se mueven durante la escena.

Antes de comenzar propiamente con las sesiones de estimulación cognitiva se llevaron a cabo unas sesiones de sensibilización para trabajar la habituación al uso de las gafas.

Para ello, se les colocó a los participantes las gafas y se les mostraron escenas relajantes que representaban escenarios como una playa o una montaña. Inicialmente se encontraban


© 2025 Nokia

sentados en una silla. Se les preguntaba acerca de cómo se estaban sintiendo y si tenían alguna molestia o incomodidad.

Con estas sesiones se perseguían los siguientes objetivos:

- Adaptación a un entorno nuevo y desconocido.
- Prevención de molestias físicas.
- Motivación de los participantes.

Además, se han llevado a cabo otros tipos de adaptaciones ergonómicas:

- Pruebas con batería externa: las gafas que se han usado cuentan con batería incorporada, pero también disponen de la opción de llevar una batería externa en el bolsillo mientras se están utilizando. Cuando se utiliza esta batería se aligera el peso de las gafas, por lo que algunos participantes pueden sentirse más cómodos de esta forma. Lo que se hizo fue ofrecerles la oportunidad de probar el uso de las gafas tanto con la batería incorporada como con la batería externa, para que fueran ellos mismos los que determinaran con que formato se sentían más cómodos y trabajar así en las sesiones de estimulación.
- Amplificadores: para los participantes que llevan gafas de visión, las gafas de realidad virtual pueden ejercer más presión. Para evitarlo, se dispone de unos amplificadores que se adhieren con un imán a las propias gafas y permiten crear un mayor espacio entre la cara del participante y las gafas de RV, permitiendo así usar ambos tipos de gafas (VR y de visión) de manera simultánea.

Se plantearon sesiones de entrenamiento con los siguientes objetivos:

- Familiarización con los entornos virtuales
- Desplazamiento y movilidad dentro de los entornos virtuales
- Manejo y uso de los mandos
- Mejora de la confianza en sí mismos
- Avance personalizado en los niveles
- Grabación de audio de instrucciones
- Adaptación del proceso de calibración


© 2025 Nokia

Familiarización con los entornos virtuales

Los entornos como la cafetería o el supermercado son representaciones de situaciones cotidianas que las personas con discapacidad intelectual pueden encontrar en su vida diaria. Sin embargo, cuando estas personas interactúan con entornos virtuales por primera vez, la experiencia puede ser desconcertante, ya que están viendo estos espacios a través de unas gafas que les proporcionan una visión completamente inmersiva y tridimensional.

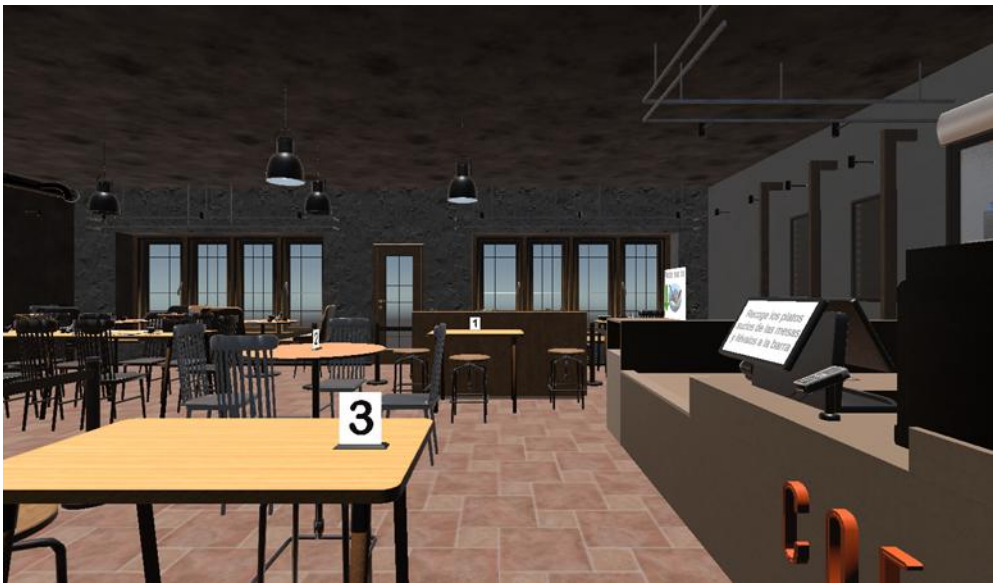



Figura 26: Escenario virtual de la cafetería.

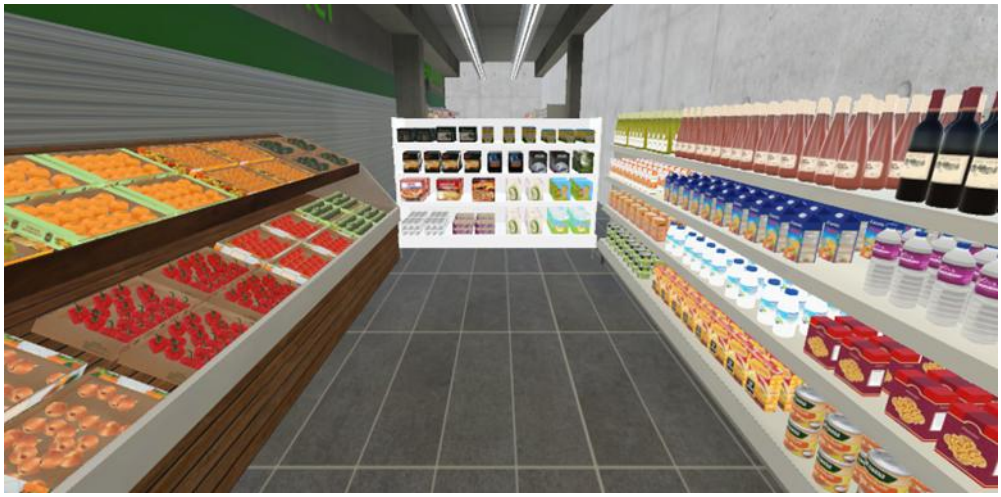


Figura 27: Escenario virtual del supermercado.


© 2025 Nokia

El entrenamiento en estos entornos les permite conocer las características de cada espacio, los elementos que lo componen, y las interacciones posibles dentro de cada uno. En el caso de una cafetería o un supermercado, los participantes pueden aprender a identificar objetos, comprender la disposición de los productos o las mesas y visualizar cómo interactuar con ellos de manera segura. Además, esta familiarización inicial les proporciona la base necesaria para que puedan realizar tareas dentro de esos entornos con más facilidad y confianza. Si los participantes no tienen una idea clara de qué esperar al interactuar con estos entornos, el riesgo de frustración, desorientación o estrés aumenta considerablemente. Por lo tanto, el entrenamiento previo es esencial para garantizar que los usuarios puedan desenvolverse con autonomía.

Desplazamiento y toma de contacto con los entornos virtuales

En estas sesiones de entrenamiento se persigue que los participantes comprendan cómo se desplazan en el mundo virtual y se habitúen a la sensación de estar caminando o moviéndose dentro de un espacio que no está físicamente presente. Si no se realizan estos entrenamientos, los usuarios podrían sentirse desorientados o, en el peor de los casos, podrían desarrollar una aversión al uso de las gafas debido a la incomodidad generada por no comprender cómo moverse correctamente.

Para ello, en estas sesiones se presentaron los escenarios de cafetería y supermercado y se permitió a los participantes desplazarse libremente a través de ellos. En los participantes que mostraban mayor inseguridad o miedo al caminar estos primeros desplazamientos se realizaban con apoyo físico de la psicóloga hasta que adquirían la confianza suficiente para moverse por sí mismos. Por otro lado, se les iban haciendo preguntas acerca de los entornos para que prestaran atención y fuesen conociéndolos mejor (por ejemplo, ¿venden leche en este supermercado?).

Manejo y uso de los mandos

Estas primeras sesiones de entrenamiento tienen como objetivo proporcionar un espacio para que los usuarios se acostumbren a la manipulación de los mandos, aprendan a pulsar botones, y a realizar movimientos precisos. Al principio, el manejo de los mandos puede ser


© 2025 Nokia

frustrante, pero con práctica y repeticiones durante el entrenamiento, los participantes pueden desarrollar la destreza necesaria para usarlos con eficacia.

A lo largo de las sesiones de entrenamiento, es esencial que los participantes puedan practicar de manera repetitiva hasta sentirse cómodos con los mandos. La familiarización les permite no solo mejorar la destreza con el dispositivo, sino también ganar confianza en su capacidad para interactuar con el entorno virtual de manera efectiva, lo que influirá directamente en su rendimiento durante las sesiones de estimulación cognitiva.

Mejora de la confianza en sí mismos

Las primeras experiencias sin una preparación adecuada pueden generar reacciones negativas, como el deseo de abandonar la actividad o la sensación de incapacidad para interactuar con el entorno.

Este enfoque gradual permite que los participantes se sientan más seguros y cómodos al usar las gafas VR, lo que mejora su confianza.

Avance personalizado en los niveles

La personalización del avance en los niveles durante las sesiones de estimulación cognitiva es fundamental para garantizar que cada persona pueda progresar a su propio ritmo y experimentar una mejora continua sin sentirse sobrecargada ni desmotivada. El enfoque individualizado es esencial para crear un ambiente de aprendizaje en el que se maximicen los beneficios cognitivos, mientras se minimizan los posibles efectos negativos del estrés o la frustración.

Algunas de las razones por las que es fundamental poder personalizar el avance en los niveles son las siguientes:

- Respetar el ritmo individual de aprendizaje: personalizar el avance en los niveles permite que cada persona progrese según su capacidad y su nivel de comprensión. De esta manera, los participantes pueden sentir que están alcanzando metas realistas y alcanzables, lo que refuerza su autoestima y motiva su participación activa en las


© 2025 Nokia

sesiones. Además, permite a la psicóloga ajustar las actividades según las necesidades y fortalezas individuales.

- Evitar la sobrecarga cognitiva: la sobrecarga cognitiva ocurre cuando el desafío propuesto excede la capacidad de procesamiento de información del individuo, lo que dificulta su capacidad para concentrarse, retener información o realizar la tarea correctamente. Personalizar el ritmo del avance en los niveles ayuda a prevenir esta sobrecarga cognitiva, permitiendo que las personas se enfrenten a desafíos que estén dentro de su capacidad. El ajuste gradual de la dificultad, basado en los logros y progresos individuales, facilita que los participantes puedan aprender de manera efectiva, alcanzando un equilibrio entre el desafío y la habilidad. Esto promueve la confianza y evita sentimientos de fracaso.
- Fomentar la motivación y el compromiso: la personalización del avance en los niveles asegura que las personas estén constantemente experimentando logros pequeños pero significativos, lo cual refuerza su interés y compromiso en las actividades.

Grabación de audios de instrucciones

A veces, no era suficiente con escuchar las instrucciones y se realizaba algún apoyo físico por parte de la terapeuta.

Adaptación del proceso de calibración

El lanzamiento de la calibración del eye-tracking no se podía realizar desde la interfaz, lo que obligaba a los participantes a iniciarla mediante el mando. La Figura 28 muestra el menú principal previo a lanzar la escena de calibración, junto con un recuadro rojo, que marca el botón que deben pulsar con el mando. Este procedimiento resultaba complicado, ya que muchos usuarios no están familiarizados con las gafas VR o con el manejo de los mandos. Además, en algunos casos la calibración fallaba, lo que requería repetirla varias veces; estas repeticiones no garantizaban el éxito y provocaban que las sesiones se alargaran provocando nervios y estrés a los participantes.

Como se mencionó previamente, se decidió incorporar una escena de calibración amigable. Durante las sesiones de entrenamiento, se enseñaba a los participantes a iniciar la calibración


© 2025 Nokia

del eye-tracking, y, aunque esta fallara, se pasaba directamente a la escena amigable, asegurando así que el entrenamiento pudiera continuar sin interrupciones.

Figura 28: Menú de las gafas previo a lanzar la escena de calibración.

Una vez terminadas las sesiones de entrenamiento en adaptación a la tecnología, se iniciaron las sesiones de entrenamiento de las habilidades cognitivas. Las sesiones tenían un protocolo a seguir:

- Colocación de la pulsera 10 minutos antes de comenzar la sesión. La persona usuaria se queda con la terapeuta en la sala ese tiempo para conseguir una línea base en un entorno controlado.
- Colocación de los sensores EMG y conectarlos por bluetooth al ordenador. La Figura 29 muestra cómo la terapeuta coloca los sensores EMG al participante antes de comenzar la sesión.


© 2025 Nokia

Figura 29: Terapeuta colocando sensores EMG a un usuario del proyecto.

- Calibración del Vive HTC eye-tracker. Los participantes se colocan las gafas VR y se sientan en la silla. Con la ayuda de la terapeuta, inician la calibración del eye-tracking utilizando el mando.
- Escena de calibración amigable. Desde la interfaz, la terapeuta inicia la escena de calibración amigable. Durante esta fase, los participantes permanecen sentados hasta que finaliza la calibración.
- Realización de tareas. Los participantes se levantan de la silla para comenzar el entrenamiento. La terapeuta lanza las instrucciones desde la interfaz y, una vez terminadas, los participantes proceden a completar la tarea en el nivel correspondiente.
- Escena de calibración amigable. Al finalizar la tarea, los participantes realizan nuevamente la escena de calibración amigable sentados.
- Cuestionarios. Los participantes se quitan las gafas VR y completan cuestionarios sobre su experiencia durante la sesión, que están explicados en detalle en próximas secciones.

## 2.5 Análisis de los resultados

En esta sección se presentan los resultados generales de este caso de uso. Desde la perspectiva de la terapeuta, el desarrollo de las tareas de entrenamiento cognitivo en VR ha resultado un éxito. Se han diseñado niveles que comienzan con actividades más sencillas y progresan hacia otras más complejas, favoreciendo así el entrenamiento gradual de las


© 2025 Nokia

habilidades cognitivas necesarias en el ámbito laboral, manteniendo la motivación de los/as participantes. Además, proporcionar a la terapeuta una aplicación de control para el seguimiento de las sesiones ha sido de gran utilidad, especialmente al estar acompañada de un manual de instrucciones que le ha permitido utilizarla de manera autónoma, sin requerir apoyo técnico no ser que el problema persistiera.

La tecnología ha sido aceptada por todas las personas participantes en el proyecto. Las sesiones de desensibilización y entrenamiento desempeñaron un papel clave en este proceso, ya que permitieron trabajar las adaptaciones de forma gradual. En particular, la visualización de vídeos 360º con contenido relajante, seguida de sesiones centradas únicamente en explorar la escena, resultó fundamental para facilitar la adaptación. A lo largo de las sesiones se observó una evolución positiva: participantes que inicialmente mostraban rechazo hacia la tecnología terminaron aceptándola y expresaron su interés en continuar con esta experiencia el próximo año.

En términos de recursos, una vez realizada la implementación y el diseño, la tecnología ha permitido trabajar el entrenamiento en un escenario donde los participantes pueden moverse y desempeñar tareas vinculadas al ámbito laboral. Este enfoque ha resultado más eficaz que entrenar en un escenario real, ya que no se requiere desplazamiento ni material físico (como comida), lo que supone un importante ahorro económico. Por último, gracias al sistema de realimentación positiva y negativa, las personas participantes han tenido en todo momento una referencia de su desempeño, que si lo hicieran en un entorno real no tendrían.

Por otro lado, a diferencia de los ejercicios tradicionales con lápiz y papel o en ordenador, que se realizan sentados, la VR ofrece la posibilidad de entrenar también la movilidad y aplicar las habilidades en un caso de uso más práctico, lo que ha contribuido a mantener la motivación. Además, los escenarios en VR han favorecido una mayor concentración. Mientras que en las actividades en 2D las personas participantes están expuestas a otros estímulos externos que interfieren en su atención, en los entornos inmersivos de VR se reduce esa distracción manteniéndose inmersos en la escena y permitiendo que se concentren mejor en las tareas.

Las adaptaciones de audio también han sido un elemento clave en este caso de uso. Mientras que algunos ejercicios en lápiz y papel o en ordenador requieren habilidades de


© 2025 Nokia

lectoescritura, en los entrenamientos en VR esto no ha sido necesario gracias a las pistas de audio. Además, de manera indirecta, estas pistas han contribuido a entrenar habilidades de control inhibitorio, ya que las personas participantes debían escuchar primero las instrucciones para empezar el entrenamiento.

En la evaluación de la tecnología se emplearon cuestionarios ya utilizados en entornos similares, adaptados a las particularidades del caso de uso. Este proceso requirió ajustes tanto en el lenguaje como en la forma de implementación. En lo relativo al lenguaje, se trabajó en colaboración con el equipo de profesionales de la Fundación Juan XXIII Roncalli, con el fin de garantizar que las preguntas fueran accesibles, se ajustaran al objetivo de la evaluación y resultaran útiles para recoger experiencias de las personas usuarias en relación con la tecnología.

En las secciones posteriores se muestran los resultados. Los resultados del cuestionario han mostrado que las personas participantes valoraron muy positivamente la experiencia. Mostraron altos niveles de satisfacción, facilidad de uso y sensación de presencia en los entornos XR, con un nivel bajo de mareo o fatiga. Además, tanto usuarios/as como terapeutas percibieron mejoras en atención, control inhibitorio y confianza, destacando la motivación y el disfrute durante las sesiones.

Los logs han mostrado algunos efectos de aprendizaje y correlación con el aumento de la dificultad en los niveles. En la tarea 2, en las métricas de tiempo, errores y número de pausas, hay picos en los niveles tres y cinco para el supermercado y en el nivel cuatro para la cafetería, lo que se corresponde con aumentos en la complejidad de las tareas. La tendencia del número de pausas y la duración de las mismas indica mejoras en la memoria y la velocidad de procesamiento. Además, este comportamiento de detenerse durante menos tiempo, aunque más veces, podría sugerir un efecto sobre el control y la inhibición, ya que los usuarios aprenden a detenerse más veces y a tomar decisiones correctas en lugar de limitarse a actuar.

El análisis cualitativo ha revelado perspectivas que complementan los resultados cuantitativos. Estos resultados han revelado avances prácticos en su vida cotidiana y en sus actividades diarias, lo que ha contribuido a mejorar su calidad de vida. La adaptación de la


© 2025 Nokia

tecnología a las necesidades de las personas usuarios desempeñó un papel fundamental a la hora de fomentar la aceptación y la participación. Las grabaciones de audio realizadas durante las sesiones mostraron que las personas participantes se sentían involucradas y disfrutaban de las actividades durante el proceso, y que a veces querían continuar las sesiones una vez finalizadas. No solo encontraron la experiencia divertida, sino que también comprendieron que tenía un propósito significativo, lo que les motivó a participar. Esta combinación de diversión y propósito ayudó a fomentar sentimientos de confianza en sí mismas y motivación para trabajar en un futuro.

Del análisis cualitativo se ha concluido que, en el futuro, continuar con un enfoque de métodos mixtos, que incluya pequeñas entrevistas con nuevos cuestionarios después de las sesiones, podría proporcionar una visión más profunda de los sentimientos y el progreso de los participantes.


© 2025 Nokia

# 3 Teleformación - terapia cognitiva: evaluación de la QoE

El uso de tecnologías XR en la terapia cognitiva para personas con discapacidad intelectual plantea una doble complejidad. Por un lado, es necesario ajustar la aplicación y la dinámica de trabajo de una manera personalizada garantizando accesibilidad y motivación. Por otro, surge el reto de valorar la experiencia durante las sesiones, entendida desde la vivencia del usuario/a final: satisfacción, confort, nivel de inmersión, sensación de presencia espacial y su comportamiento.

El diseño y desarrollo de métodos de evaluación precisos es fundamental para medir correctamente los efectos y las experiencias en una nueva plataforma o intervención. Los métodos de evaluación convencionales utilizados en estudios de investigación presentan limitaciones en contextos reales, y estas limitaciones se acentúan al trabajar con personas con discapacidad intelectual.

Los cuestionarios suelen emplear un lenguaje complejo, escalas multinivel o conceptos abstractos que requieren altos niveles de alfabetización y comprensión cognitiva. Las personas con discapacidad intelectual generalmente no forman parte de las muestras de validación, lo que vuelve estas herramientas poco accesibles.

Las medidas fisiológicas pueden correlacionarse con niveles de ansiedad y estrés en escenarios controlados con sensores de alta calidad y un “ground truth” fiable. En entornos reales, donde se prioriza la comodidad del usuario/a final y no existe un ground truth sólido, los datos resultan difíciles de analizar e interpretar.

Las métricas estándar de juego o tareas ofrecen medidas objetivas del desempeño, pero no consideran la intervención de la terapeuta ni la guía adaptativa. Las entrevistas y las notas del terapeuta proporcionan información cualitativa rica sobre la experiencia del usuario, su nivel de participación y su progreso a lo largo del tiempo. Aunque son métodos más fiables, requieren mucho tiempo para su recopilación y análisis, y necesitan adaptaciones para garantizar su accesibilidad e inclusión.


© 2025 Nokia

En este apartado se recogen las herramientas de evaluación adaptadas que se emplearon a lo largo de las distintas fases del entrenamiento cognitivo.

## 3.1 Diseño y preparación de las pruebas piloto

En este sistema se espera que con el uso de tecnologías XR, se puedan superar limitaciones que tienen los entrenamientos clásicos y se obtengan resultados satisfactorios.

Para evaluar la experiencia se han utilizado tres estrategias clave:

- Cuestionarios adaptados
- Análisis cualitativo de las entrevistas y de las notas de la terapeuta
- Métricas de rendimiento
- Seguimiento ocular

Los factores clave que han servido para el diseño de la evaluación han sido los siguientes:

- Entorno controlado, seguro y real: la XR ofrece la posibilidad de recrear escenarios que simulan escenarios laborales de forma muy cercana a la realidad. Esto permite a las personas participantes entrenar como si estuvieran realmente en ese contexto, pero con la tranquilidad de hacerlo en un espacio seguro y libre de riesgos, donde cada acción recibe únicamente una realimentación de acierto o error.
- En este sentido, las preguntas sobre presencia espacial (tanto en cuestionarios como en la entrevista) resultan especialmente relevantes, ya que la sensación de estar realmente “dentro” del entorno visualizado a través de las gafas XR es un aspecto fundamental para la eficacia del entrenamiento.
- Adaptación de los niveles: la XR permite diseñar niveles ajustados a las necesidades de las personas usuarias de la Fundación Juan XXIII Roncalli, facilitando el entrenamiento de las habilidades identificadas por las terapeutas como prioritarias.
- En este contexto, las preguntas incluidas en los cuestionarios sobre el desempeño en las tareas, la forma en que las personas participantes las realizaron, la carga y cansancio cognitivo y otros aspectos, así como las percepciones sobre los niveles recogidas en las entrevistas, han resultado especialmente útiles para evaluar la eficacia de estas adaptaciones.


© 2025 Nokia

- Interacción y aprendizaje activo: la XR permite interacción como si la persona usuaria estuviera en el entorno real y a su vez permite mantener la motivación, que es un aspecto que falta en entrenamientos tradicionales.
- En este aspecto, la pregunta sobre la experiencia general y si les ha gustado en la entrevista ha sido clave para evaluar este aspecto para ver qué efectos motivacionales tiene.
- Adaptación a la tecnología: si la persona usuaria no se adapta adecuadamente a la tecnología, esto puede afectar negativamente tanto la experiencia como los resultados del entrenamiento. Esta adaptación puede verse influida por factores como mareo, molestias físicas derivadas del uso del HMD o dificultades al interactuar con la tecnología, por ejemplo, al manejar el mando. Por ello, se han incorporado sesiones de desensibilización y entrenamiento específicas para el uso del mando, con el objetivo de facilitar la adaptación de las personas participantes y reducir posibles molestias o dificultades durante la interacción con la tecnología.
- Para evaluar este aspecto, ha sido fundamental incluir preguntas sobre las molestias provocadas por las gafas, la sensación de mareo y la facilidad para coger los objetos, así como seguir la evolución de estas percepciones a lo largo de la terapia.

La adaptación de los cuestionarios siguió un proceso coherente. El equipo identificó cuestionarios estandarizados y preguntas potencialmente complicadas, luego generó ideas para preguntas nuevas y modificaciones. Los borradores fueron revisados en detalle por las terapeutas, cuya experiencia garantizó adecuación, comprensibilidad y pertinencia. Cuando persistían dudas sobre la claridad, las terapeutas las probaron con las personas participantes para confirmar su comprensión.

Los cuestionarios finales se basaron en el System Usability Scale (SUS), el cuestionario de Presencia Espacial y Social propuesto, el NASA-TLX y en Simulator Sickness Questionnaire (SSQ). Estos instrumentos cubren distintos aspectos de la experiencia de usuario: usabilidad e intuición, sensación de presencia y calidad general de la experiencia, carga mental y física, y síntomas de vértigo o mareo.

En todos los cuestionarios, basándose en resultados de estudios previos, se aplicaron las siguientes pautas:


© 2025 Nokia

- Uso de lenguaje simplificado y preguntas breves y directas
- Formulación en segunda persona
- División de conceptos complejos en varias preguntas
- Inicio con una pregunta dicotómica, usando preguntas de seguimiento solo si se necesita más detalle
- Escala Likert de tres niveles, por ejemplo “bien”, “normal” o “mal”
- Inclusión de imágenes que representen los tres niveles(caras sonriente verde, neutra amarilla y triste roja)

Aun con estas adaptaciones, muchas personas participantes necesitaron apoyo de la terapeuta para comprender y responder los cuestionarios.

Cuando fue necesario, las preguntas se reformularon para garantizar su comprensión, y se guio a las personas participantes durante el proceso de respuesta. Esta asistencia no implicó seleccionar las respuestas por ellas. En cambio, cuando una respuesta parecía inconsistente con las observaciones de las sesiones, se animaba a las personas participantes a reflexionar sobre su experiencia y recordar detalles relevantes antes de ofrecer su respuesta final.

La terapeuta mantuvo un diario de sesión para cada participante. El diario tuvo fines prácticos: documentar problemas técnicos, dificultades de las personas participantes y observaciones necesarias para que los desarrolladores/as mejoraran la usabilidad, así como para que las terapeutas siguieran el progreso individual. El análisis retrospectivo reveló que el diario proporciona un registro detallado y específico de las experiencias y trayectorias de desarrollo de cada participante. Frecuentemente incluye descripciones de dificultades y respuestas emocionales, a veces capturando expresiones literales de las personas participantes, contextualizando así las respuestas a cuestionarios y otros datos recogidos. Esta información resultó especialmente valiosa para interpretar métricas y enriquecer el análisis cualitativo de las entrevistas.

Se decidió recoger datos de seguimiento ocular, dado que se ha demostrado su correlación con la atención visual y la carga cognitiva. Los datos se obtuvieron utilizando el rastreador facial proporcionado por la empresa fabricante del HMD. Para registrar datos oculares correctos y precisos, el rastreador debe calibrarse cada vez que cada persona se coloca el dispositivo. Durante las primeras sesiones se observó que aproximadamente la mitad de las


© 2025 Nokia

personas participantes tenía dificultades con el proceso de calibración. Por este motivo se desarrolló una escena específica para evaluar la calidad de los datos recopilados. Junto con los datos generados por el eye-tracking, la terapeuta anotó en qué sesiones se lograba completar la calibración, lo que permitió evaluar más a fondo los problemas.

Los datos se analizaron para medir la precisión general del sistema en escenarios calibrados y no calibrados, así como la posibilidad de aplicar un algoritmo de corrección. Las anotaciones sobre calibraciones exitosas permitieron identificar las causas subyacentes de las dificultades de calibración.

Durante las sesiones también se recopilaron registros (logs) para capturar información sobre el entorno virtual y las interacciones de las personas participantes con él.

Se almacenaron movimientos de cabeza y de objetos, interacciones, errores y acciones correctas. Estos datos se utilizaron para calcular métricas de rendimiento orientadas al juego, incluyendo el número de errores por sesión, el tiempo necesario para completar cada nivel y la frecuencia y duración de las pausas de movimiento. Estas métricas conductuales se utilizaron para evaluar el progreso de cada participante a lo largo de la terapia.

Terminada la terapia cognitiva se llevó a cabo una ronda de entrevistas semiestructuradas con cada participante y con la terapeuta. Al igual que con los cuestionarios, la estructura de la entrevista se desarrolló de manera colaborativa entre ingenieros/as y las terapeutas. Tras definir los objetivos de evaluación, se elaboró un primer borrador que fue refinado por las terapeutas para asegurar que todas las preguntas fueran comprensibles y adecuadas para la población objetivo.

Las entrevistas se diseñaron para recoger información cualitativa desde ambas perspectivas. Para las personas participantes, la entrevista abordó comparaciones antes–después, impresiones generales, la experiencia de terapia en XR (uso de la tecnología, motivación, comprensión de las tareas, aprendizaje y respuestas emocionales), así como comentarios sobre los procedimientos de evaluación y posibles mejoras. La entrevista a la terapeuta siguió una estructura similar, pero añadió preguntas sobre el uso de la aplicación de control y excluyó temas relacionados con la carga cognitiva y los estados emocionales de las personas participantes.


© 2025 Nokia

Las entrevistas con las personas participantes fueron realizadas por la terapeuta, con el fin de garantizar comodidad, apoyar la comprensión, cubrir todos los temas necesarios y solicitar detalles adicionales cuando fuera pertinente. La terapeuta completó una entrevista similar realizada por diferentes miembros del equipo. Se llevó a cabo un análisis temático para identificar patrones recurrentes en los datos recopilados.

## 3.2 Metodología de evaluación

Este enfoque de entrenamiento cognitivo se ha evaluado combinando de métodos cuantitativos y cualitativos. Se aplicaron cuestionarios al final de cada sesión, que incluían preguntas en formato dicotómico (sí/no) y en escala de tres niveles, permitiendo obtener información precisa sobre las percepciones y sentimientos de las personas participantes. Además, se realizaron entrevistas al final de toda la terapia, con el objetivo de recoger información cualitativa más detallada sobre la experiencia global y los efectos del entrenamiento. También se recogieron los audios grabados por la interfaz durante la sesión. Adicionalmenet, se recopiló la información de los logs de las sesiones, para las cuales se sacaron unas métricas y se pudo evaluar la mejora.

**Cuestionarios**

Con el objetivo de obtener resultados tangibles de este caso de uso, se diseñaron cuestionarios en la plataforma Microsoft Forms. Cabe destacar que las preguntas realizadas son resultado de una adaptación de las preguntas habituales, creando así una metodología universal y sin hacer distinciones entre personas con vulnerabilidad psicosocial y neurotípicos en las preguntas.

Además de las preguntas en cuanto a la sesión, el cuestionario tiene apartados para anotar el ID de la persona usuaria, fecha de la sesión, hora de comienzo de la sesión, y el escenario en el que se han realizado las actividades. Posteriormente, se formulan las preguntas relacionadas con sesión realizada:

**Cafetería**

| Categoría | Pregunta | Rango de respuestas |
|---|---|---|
| Tarea y nivel | ¿Qué tarea realizaste? | Recoger los platos sucios |


© 2025 Nokia

| | | |
|---|---|---|
| | | Servir comandas |
| | ¿Qué nivel hiciste? | 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 |
| Experiencia subjetiva (global, calidad y prestaciones) | ¿Te ha gustado la experiencia? | Mucho/Bien |
| | ¿Veías bien la cafetería y las cosas que había? | |
| | ¿Cómo has hecho la tarea? | |
| | ¿Te sentiste con confianza para hacer la tarea? | |
| Usabilidad | ¿Te han molestado las gafas? En caso de que sí, ¿cuánto te han molestado? | Regular |
| | ¿Te ha parecido fácil coger los objetos? | |
| | ¿Te has sentido seguro/a haciendo la tarea? | |
| | ¿Has entendido bien lo que tenías que hacer? | |
| Presencia espacial | ¿Has sentido que estabas realmente en una cafetería? | Poco/Mal |
| | ¿Has sentido que podías ver todo lo que estaba pasando en la cafetería? | |
| | ¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en la cafetería? | |

**Supermercado**

| **Categoría** | **Pregunta** | **Rango de respuestas** |
|---|---|---|
| Tarea y nivel | ¿Qué tarea realizaste? | Reponer productos |
| | | Preparar pedido |


© 2025 Nokia

| | | |
|---|---|---|
| | ¿Qué nivel hiciste? | 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 |
| Experiencia subjetiva (global, calidad y prestaciones) | ¿Te ha gustado la experiencia? | Mucho/Bien |
| | ¿Veías bien el supermercado y las cosas que había? | |
| | ¿Cómo has hecho la tarea? | |
| | ¿Te sentiste con confianza para hacer la tarea? | |
| Usabilidad | ¿Te han molestado las gafas? En caso de que sí, ¿cuánto te han molestado? | Regular |
| | ¿Te ha parecido fácil coger los objetos? | |
| | ¿Te has sentido seguro/a haciendo la tarea? | |
| | ¿Has entendido bien lo que tenías que hacer? | |
| Presencia espacial | ¿Has sentido que estabas realmente en un supermercado? | Poco/Mal |
| | ¿Has sentido que podías ver todo lo que estaba pasando en el supermercado? | |
| | ¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en el supermercado? | |

Además de las preguntas distintas para cafetería y supermercado, hubo una serie de preguntas relacionadas con el mareo y la carga mental que podrían haber ocurrido utilizando las gafas de realidad virtual, que son las siguientes:

| **Categoría** | **Pregunta** | **Rango de respuestas** |
|---|---|---|


© 2025 Nokia

| | | |
|---|---|---|
| Mareo y carga mental | ¿Te has mareado? En caso de que sí, ¿cuánto? | Poco/Sí |
| | ¿Has sentido que podías hacer la tarea con calma? | |
| | ¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea? En caso de que sí, ¿cuánto? | Regular |
| | ¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea? En caso de que sí, ¿cuánto? | |
| | ¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea? En caso de que sí, ¿cuánto? | Mucho/No |

**Entrevistas**

Al final de toda la terapia cognitiva, se llevaron a cabo entrevistas con las personas usuarias y a la terapeuta de la Fundación Juan XXIII Roncalli para evaluar distintos aspectos de la experiencia. Las entrevistas eran semi-estructuradas y se grababan mediante una grabadora para conservar todas las respuestas. Además, se preparó un documento de apoyo con fotos y vídeos de las escenas, las tareas y los aciertos o errores durante las sesiones, que se mostraba a los participantes para ayudarles a recordar y contextualizar sus experiencias.

Las entrevistas están organizadas en: pregunta general (negrita) y depende de qué responda el usuario, preguntas más específicas (normal)

Entrevista a los participantes


© 2025 Nokia

Introducción

*[Preguntas introductorias sobre qué tal está, etc.]*

**¿Cómo te sentiste al ser seleccionado para el proyecto?**

Comparación antes con después

**¿Había algo que te resultara difícil o estresante antes de empezar la terapia?**

*[Si responde que SÍ]*

¿Qué te resultaba difícil o estresante?

**Antes de empezar el entrenamiento con realidad virtual, ¿cómo te sentías al probar algo nuevo como esto?**

¿Estabas emocionado/a, motivado/a, nervioso/a, inseguro/a, etc…?

**Desde que utilizas los juegos con realidad virtual, ¿tú notas que trabajas mejor?**

*[Si responde que SÍ]*

¿En qué notas que trabajas mejor?

**¿Hay alguna tarea que ahora te resulta más fácil en tu día a día?**

Puede ser algo como concentrarte mejor, recordar cosas, hablar con otros o hacer algo tú solo/a.

**¿Cómo te sientes ahora con respecto al trabajo en comparación con antes?**

Capacidades para trabajar

Experiencia general

**¿Te gustó hacer las actividades/juegos en la cafetería y el supermercado virtual?**

**¿Fue fácil o difícil hacer las tareas en el mundo virtual?**

Sesiones de terapia

Uso de la realidad virtual

**¿Habías usado antes gafas de realidad virtual?**


© 2025 Nokia

*[Si era la primera vez]*

- ¿Cómo te sentiste la primera vez que usaste unas gafas de realidad virtual?
- ¿Fue más fácil o más difícil de lo que esperabas?
- ¿Te sentías seguro/a?
- ¿te sentías cómodo/a?

*[Si no era la primera vez]*

- ¿Cómo te sentiste cuando usaste unas gafas de realidad virtual en este proyecto?
- ¿Fue más fácil o más difícil de lo que esperabas?
- ¿Te sentías seguro/a?
- ¿te sentías cómodo/a?

**¿Te has sentido orgulloso de ti mismo por utilizar bien la tecnología?**

¿Por qué?

**¿Hubo algún momento en el que la tecnología te resultara frustrante o difícil de usar?**

¿Qué pasó? ¿Cómo lo afrontaste?

¿Tuviste algún problema o no te gustó algo al usar la realidad virtual?

**¿Cambió tu opinión sobre la tecnología a medida que avanzabas en las sesiones?**

Te has sentido más cómodo o menos cómodo/a

*[Si responde que SI se ha sentido más cómodo/a]*

¿Crees que has aprendido mejor porque estabas más cómodo con las gafas?

¿Crees que hubieses aprendido igual de bien o ha sido importante para ti acostumbrarte a las gafas y estar cómodo con ellas?

*[Si responde que NO se ha sentido más cómodo/a]*

¿Por qué?

¿Crees que estar menos cómodo con las gafas te ha afectado en aprender en las sesiones?

Motivación y disfrute

**¿Te gustaría volver a hacer sesiones con las gafas?**

**¿Qué fue lo que más te gustó?**

**¿Qué fue lo que menos te gustó o te costó más?**

Uso de la aplicación – Obstáculos/facilitadores


© 2025 Nokia

**¿Qué te facilitó el uso de la aplicación?**

**¿Qué te dificultó el uso de la aplicación?**

Comprensión y aprendizaje

**¿Te ayudaron las actividades a concentrarte mejor?**

**¿Crees que aprendiste cosas nuevas en la cafetería o el supermercado virtual?**

**¿Hay algo que te gustaría aprender o hacer mejor?**

Carga cognitiva y emociones

**¿Las tareas en el supermercado o la cafetería te parecieron reales?**

¿Por qué?

**¿Las tareas en el supermercado o la cafetería te parecieron útiles?**

¿Por qué?

**¿Qué emociones tenías al usar las gafas?**

¿Te hizo sentir más despierto, aburrido, feliz o algo más?

**¿Tuviste que pensar mucho para hacer las actividades o te salían rápido?**

¿Por qué?

Evaluación pre-post

**Antes de empezar con los juegos en realidad virtual, te pedimos hacer unas actividades en papel. ¿Recuerdas cómo te sentiste?**

Tranquilo, nervioso…

*¿Y cómo sentiste que lo hiciste? //No sé si deberíamos preguntar esto*

**Después de hacer todas las sesiones con las gafas, hiciste las mismas actividades en papel. ¿Cómo te sentiste esta vez al hacerlas?**

Tranquilo, nervioso…

*¿Notaste alguna diferencia en cómo lo hacías? //No sé si deberíamos preguntar esto*

*¿Mejor o peor?*


© 2025 Nokia

Sugerencias

**¿Qué cambiarías para que estas actividades sean mejores?**

**¿Quieres contarme algo más sobre cómo ha sido para ti esta experiencia?**

Cierre

**¿Crees que es importante que estas actividades formen parte del día a día del centro?**

Entrevista a la terapeuta

Introducción

*[Preguntas introductorias sobre qué tal está, etc.]*

Comparación antes con después

**Puedes contarme un poco cómo era el día a día de los participantes antes de empezar con el entrenamiento?**

Bloqueo, atención, impulsividad

**¿Había algo que les resultaba difícil o estresante antes de empezar la terapia?**

*[Si responde que SÍ]*

Dame algún ejemplo sobre algo que les resultaba difícil o estresante

**Antes de empezar el entrenamiento con realidad virtual, ¿cómo veías que los participantes se sentían al probar algo nuevo como esto?**

¿Algunos emocionado/as o motivado/as, nervioso/as, inseguro/as, etc.?

**Desde que los usuarios utilizan los juegos con VR, ¿notas que trabajan mejor?**

¿En qué notas que trabajan mejor?

¿Me puedes dar algún ejemplo?

**¿Hay algún aspecto en el que los participantes hayan mejorado habilidades cognitivas en su día a día?**

¿Me puedes dar algún ejemplo?


© 2025 Nokia

**¿Los participantes te han comentado cómo se sienten ahora con respecto al trabajo en comparación con antes?**

Experiencia general

**¿Les gustó hacer las actividades/juegos en la cafetería y el supermercado virtual?**

**¿Cómo les pareció hacer las tareas en el mundo virtual?**

¿Fácil o difícil?

Sesiones de terapia - Uso de la realidad virtual

**¿Los participantes habían usado antes gafas de realidad virtual?**

*[Si era la primera vez para alguno]*

- Para los que era la primera vez, ¿cómo reaccionaron la primera vez que usaron unas gafas de realidad virtual?
- ¿Fue más fácil o más difícil de lo que esperaban?
- ¿Se sentían seguro/as?
- ¿Se sentían cómodo/as?

*[Si no era la primera vez para alguno]*

- Para los que no era su primera vez, ¿cómo reaccionaron cuando usaron gafas de realidad virtual en este proyecto?
- ¿Fue más fácil o más difícil de lo que esperaban?
- ¿Se sentían seguro/as?
- ¿Se sentían cómodo/as?

**¿Viste algún momento en el que la tecnología les resultara frustrante o difícil de usar?**

¿Qué pasó? ¿Cómo lo afrontaron?

**¿Cambió su opinión sobre la tecnología a medida que avanzaban en las sesiones?**

Se sintieron más cómodo/as o menos cómodo/as

*[Si responde que SI se ha sentido más cómodo/a]*

¿Crees que han aprendido mejor porque estaban más cómodos con las gafas?

¿Crees que hubieran aprendido igual de bien o ha sido importante para ti acostumbrarte a las gafas y estar cómodo con ellas?

*[Si responde que NO se ha sentido más cómodo/a]*


© 2025 Nokia

¿Por qué?

¿Crees que estar menos cómodo con las gafas les ha afectado en aprender en las sesiones?

Motivación y disfrute

**¿Sentiste que los usuarios quisieran volver a hacer sesiones con las gafas?**

**¿Qué fue lo que más les gustó?**

**¿Qué fue lo que menos les gustó?**

**¿Has observado que los usuarios han evolucionado en la tolerancia a la frustración de los usuarios durante el proceso?**

¿Me das algún ejemplo?

Uso de la aplicación

**¿Qué les facilitó el uso de la aplicación?**

**¿Qué les dificultó el uso de la aplicación?**

Comprensión y aprendizaje

**¿Les ayudaron las actividades a concentrarse mejor?**

**¿Crees que aprendieron cosas nuevas en la cafetería o el supermercado virtual?**

¿Me das algún ejemplo?

Uso de la aplicación de control

**¿Te ha parecido fácil o difícil usar la aplicación durante las sesiones?**

¿Hubo algo que te costara aprender?

¿Sentiste en algún momento que te faltaban conocimientos técnicos para usarla?

**¿Te sentiste segura usando la aplicación?**

**¿Tuviste que pedir ayuda para usar alguna parte de la aplicación?**

¿Qué parte fue?

**¿Te sentiste cómoda guiando a los participantes con la aplicación, o te costó manejarla mientras trabajabas con ellos?**

**Si pudieras cambiar algo de la aplicación, ¿qué cambiarías?**


© 2025 Nokia

Evaluación pre-post

**¿Cómo se enfrentaron los participantes a la evaluación pre?**

¿Veías a los participantes tranquilos, nerviosos…?

**¿Cómo se enfrentaron los participantes a la evaluación post?**

¿Notaste diferencia entre la evaluación pre y post?

Estaban más nerviosos, tranquilos…

¿Te acuerdas de alguna situación que te haya llamado la atención?

Sugerencias

**¿Qué cambiarías para que esta actividad sea mejor?**

Aplicación en general

**¿Quieres contarme algo más sobre cómo ha sido para ti esta experiencia?**

Cierre

**¿Cuál ha sido tu opinión de la terapia?**

**¿Incluirías esta actividad en la Fundación?**

¿Por qué?

## 3.3 Métricas de rendimiento

Para los logs se buscaron métricas que pudieran representar la evolución del rendimiento de las personas participantes a lo largo de las distintas sesiones. Algunos ejemplos de métricas extraídas son: desplazamiento total en un nivel, tiempo total para completar un nivel, número de errores en un nivel o número de veces que una persona dejó de moverse. Estas métricas se eligieron tras debatir con las terapeutas, quienes evaluaron los resultados y ofrecieron su opinión al respecto.

Cuatro métricas resultaron ser de especial interés, a saber:

- **Tiempo para completar el nivel sobre las elecciones correctas.** Esta primera métrica mide el tiempo que se tarda en completar un nivel, dividido por la cantidad de


© 2025 Nokia

elecciones correctas en el nivel. Decidimos normalizar el tiempo dividiéndolo por el número de acciones correctas para proporcionar una medida más fiable y estable del rendimiento de las tareas en el juego.

- **Errores por repetición**. Esta métrica se obtiene dividiendo el número de errores durante cada nivel por el número de repeticiones. Dado que cada repetición en un nivel aumenta el número total de errores posibles, al igual que en la métrica anterior, el valor se normaliza sobre el número de repeticiones para representar mejor el rendimiento real de los usuarios. En caso de que un nivel tuviera que repetirse, solo se tuvieron en cuenta los datos de la sesión en la que se completó con éxito el nivel.
- **Pausas sobre las elecciones correctas.** Esta métrica mide el número de veces que los usuarios dejaron de moverse en el juego. La velocidad se calcula a partir de los datos del HMD, promediándolos en ventanas de un segundo. Se marca a un participante como inmóvil cuando su velocidad cae por debajo de 0,1 m/s. Este valor está muy influenciado por el número de productos con los que se espera que interactúe el usuario, por lo que la métrica se normaliza dividiéndola por el número total de eventos correctos, lo que mitiga el efecto de las repeticiones y el mayor número de productos que hay que colocar.
- **Duración media de las pausas.** La métrica es la duración media de las pausas en un nivel.

### 3.3.1 Seguimiento ocular

Durante la terapia se completaron un total de 211 sesiones, en todas las cuales se recopilaron datos de seguimiento ocular. El objetivo principal de esta recogida de datos es investigar la carga cognitiva y la atención visual de las personas usuarias a lo largo de las sesiones.

En las primeras sesiones de familiarización con la tecnología se hicieron evidentes las dificultades de algunas personas para completar la calibración del eye tracker integrado en las gafas de realidad virtual.

Para evaluar el error y analizar posibles técnicas de corrección, se diseñó una escena de calibración amigable, presentada dos veces en cada sesión: al inicio y al final. En esta escena,


© 2025 Nokia

las personas participantes debían fijar la mirada en cinco dibujos situados en diferentes partes del campo visual, mientras la terapeuta registraba los resultados de la calibración.

Estos datos permiten analizar la distribución de los errores de seguimiento ocular tanto en las sesiones con calibración exitosa como en aquellas en las que no se logró, así como explorar algoritmos de corrección para compensar posibles desplazamientos entre la mirada real y la medida registrada. Además, facilitan la identificación de aquellas personas con mayores dificultades durante la calibración.

Para el análisis se excluyeron las dos primeras sesiones de entrenamiento de cada persona. De las 195 sesiones restantes, en 13 se produjeron problemas técnicos que impidieron la recopilación correcta de los datos.

El primer paso en el análisis de los datos consistió en evaluar las causas de las dificultades de calibración, investigando patrones comunes entre las distintos personas.

En segundo lugar, se llevó a cabo el análisis de los errores en la escena adaptada. Para ello, se eliminaron primero todas las muestras de datos marcadas como inválidas por el rastreador ocular y, posteriormente, se aplicó un algoritmo de detección de fijaciones, basado en el trabajo de Llanes-Jurado et al. [1], sobre los datos de miradas combinadas.

La detección de fijaciones se basa en un algoritmo de detección mediante umbral, es decir, el algoritmo detecta una mirada cuando durante un tiempo mínimo de 200 ms las miradas de un usuario se centran en un círculo de radio máximo de 1. Este algoritmo nos permite diferenciar entre fijaciones y fases de movimiento de la mirada, ya que se supone que cuando se mira fijamente a un objeto, las fases de movimiento son pocas y de tamaño reducido.

Cada estímulo queda visible 6 segundos, para filtrar eventuales movimientos de ajustes. Además solo se consideran las miradas que se fijaron y que ocurrieron entre 1 y 5 segundos después de la aparición de cada estímulo. Cada fijación se relaciona con el objetivo de fijación presente en ese momento. Asumiendo que, durante los 4 segundos extraídos, los usuarios estaban mirando al objetivo de fijación, podemos evaluar el error en cada mirada medida durante este tiempo.

Debido al elevado porcentaje de personas que presentaron numerosos fallos durante las calibraciones, y considerando los primeros resultados del error de mirada en los datos no calibrados, se decidió evaluar el desarrollo de un algoritmo de calibración de la mirada basado en los datos obtenidos durante la escena de calibración amigable.


© 2025 Nokia

Estudiar las técnicas de corrección de datos de mirada en entornos XR con un enfoque en la inclusividad puede mejorar la calidad de los datos, haciendo que las aplicaciones sean más accesibles para un mayor número de personas y, más concretamente, para este segmento de la población. Este enfoque también puede mejorar el rendimiento y la fiabilidad para los personas usuarias neurotípicas.

Además, al realizar investigaciones que involucren a personas con discapacidad intelectual, encontrar participantes adecuados suele ser un desafío, lo que limita la cantidad de datos que se pueden recopilar. Por ello, es fundamental maximizar el uso de los datos obtenidos para garantizar que la investigación sea lo más completa e impactante posible.

Como estudio preliminar, se implementó una regresión polinómica de segundo grado. El algoritmo toma los datos de mirada y extrae las fijaciones, del mismo modo que en el análisis de precisión. Todas las miradas que conforman una fijación se emparejan con su objetivo correspondiente; a partir de ello, el algoritmo ajusta una función polinómica buscando minimizar la distancia angular entre las miradas corregidas y los objetivos.

Durante la fase de entrenamiento, el algoritmo almacena las posiciones de las miradas utilizadas como conjunto de entrenamiento.

Al corregir una nueva mirada, la salida se obtiene como una suma ponderada entre la mirada original y la mirada corregida mediante la regresión lineal, tal como se muestra en la siguiente ecuación.

$$CorrectedGaze = (1 - w) \cdot NewGaze + w \cdot ApplyRegression(NewGaze)$$

El factor de ponderación $w$ varía entre 0 y 1, dependiendo de la distancia entre la nueva mirada $NewGaze$ y las miradas del conjunto de entrenamiento.

Los puntos cercanos al conjunto de entrenamiento se corrigen principalmente mediante el modelo de regresión, mientras que los puntos más alejados mantienen en mayor medida sus valores originales.

Se eligió una función polinómica de segundo grado, ya que una función lineal resultó demasiado simple para resolver el problema, mientras que una función de tercer grado provocó un sobreajuste pronunciado.

El algoritmo ajusta una nueva función para cada participante y cada sesión. Los datos de la primera escena de calibración adaptada se utilizaron para entrenar el algoritmo, mientras


© 2025 Nokia

que los datos de la segunda escena, al final de la sesión, se emplearon para validar los resultados.

## 3.4 Análisis de los resultados de las pruebas

En este apartado se presentan los análisis de los resultados obtenidos, considerando diferentes datos recogidos, como los cuestionarios, los logs y las entrevistas realizadas a las personas participantes.

### 3.4.1 Cuestionarios

Todos los resultados de los cuestionarios se analizaron según estas categorías:

- Presencia espacial
- Mareo y carga mental
- Experiencia subjetiva
- Usabilidad

El análisis se realizó de la siguiente manera:

- Evaluación de los resultados por tarea en los dos escenarios
- Comparación entre ambos escenarios
- Análisis de casos individuales por persona participante

**Tarea 1- Presencia espacial:**

- Evaluación de los resultados por tarea en los dos escenarios:

  En los dos gráficos, Figura 30 y Figura 31, se presenta el análisis de la presencia espacial tanto del supermercado como de la cafetería. En ambos casos, las respuestas son bastante homogéneas y en su mayoría positivas, con la excepción de la afirmación "¿Han sentido que podían tocar cosas que había en el supermercado/cafetería?", que registró valores más bajos en comparación con las demás.


© 2025 Nokia

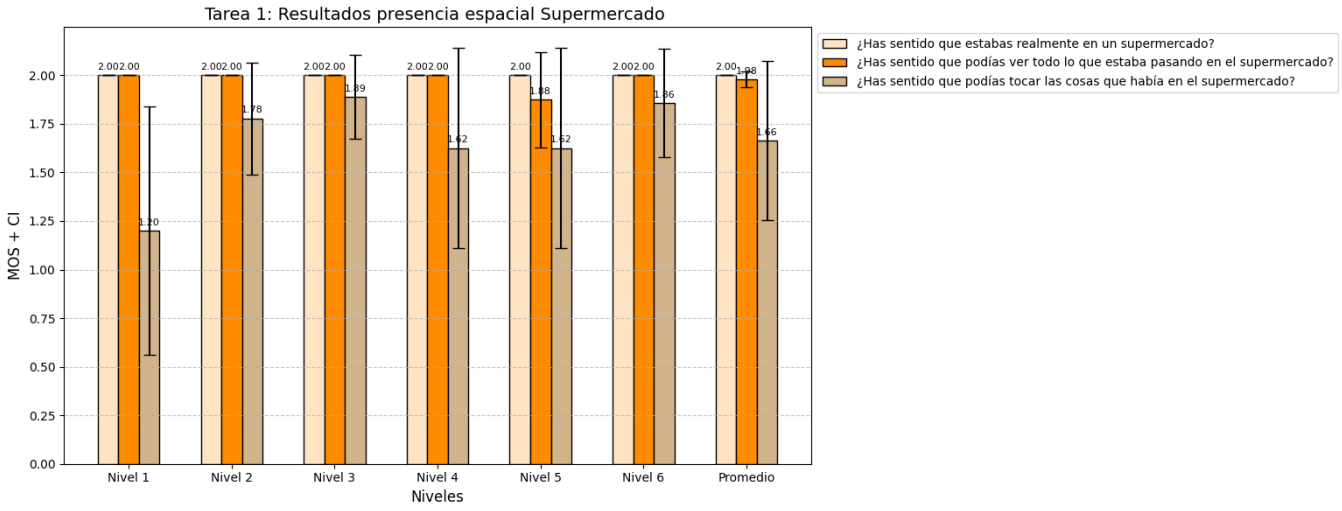



Figura 30: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre presencia espacial en la Tarea 1 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

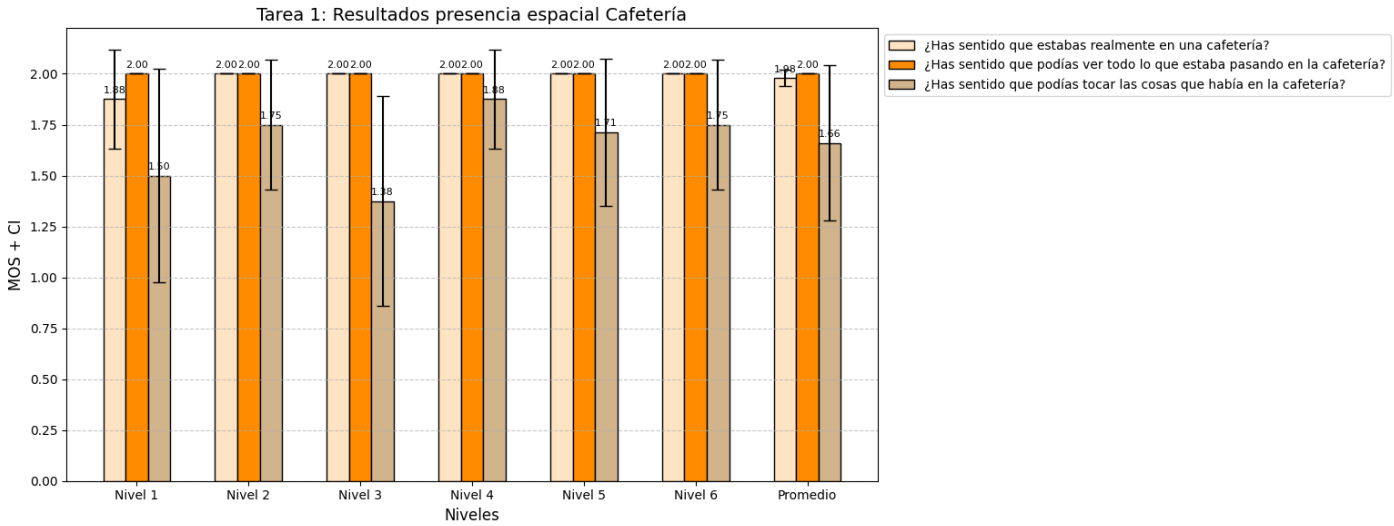



Figura 31: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre presencia espacial en la Tarea 1 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

- Comparación entre ambos escenarios

Los dos escenarios fueron comparados con el objetivo de identificar posibles diferencias sustanciales entre ellos. Aunque, como se mencionó anteriormente, en la pregunta "¿Han sentido que podían tocar cosas que había en el supermercado/cafetería?" se registraron


© 2025 Nokia

valores más bajos en comparación con las demás, no parecen surgir diferencias significativas entre ambos escenarios, ya que las medias son muy similares y presentan poca variación entre sí.

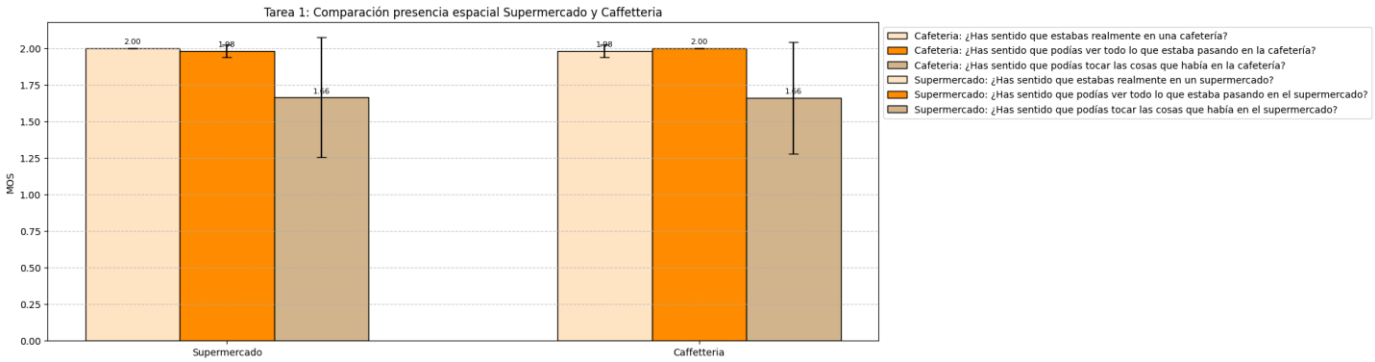



Figura 32: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la presencia espacial en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles.

- Análisis de casos individuales por participante

Se procedió a analizar la pregunta “¿Han sentido que podían tocar cosas que había en el supermercado/cafetería?” para cada persona en función de los dos tipos de escenarios.


© 2025 Nokia

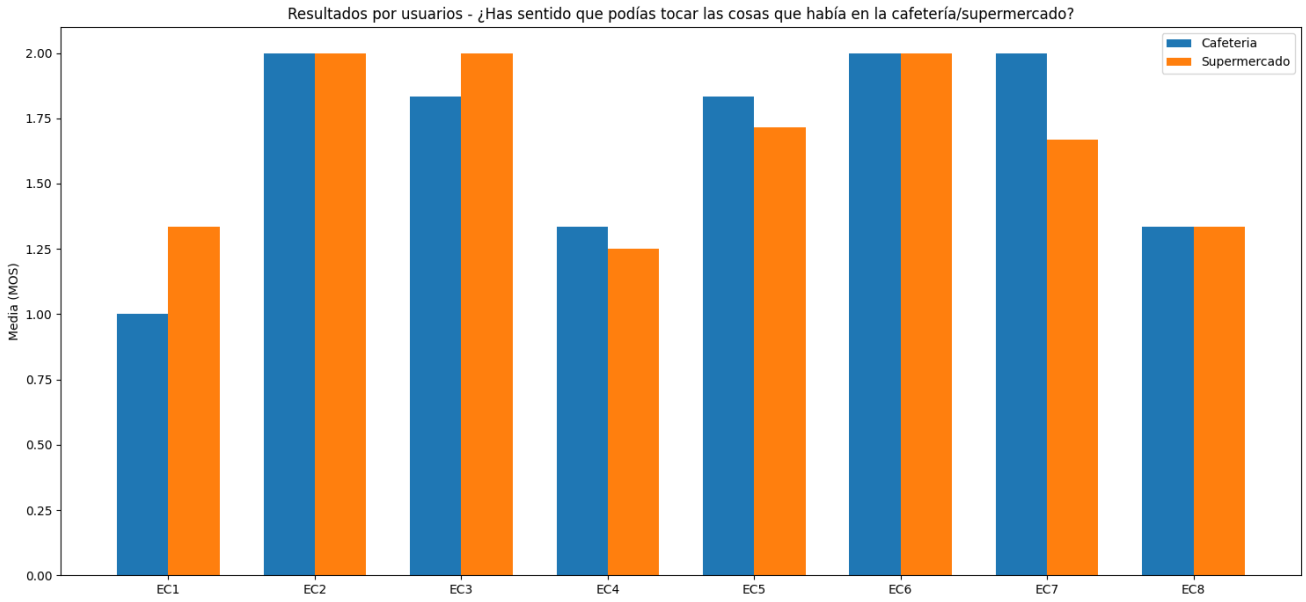



Figura 33: Valores de MOS de la pregunta "¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en la cafetería/supermercado?" en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).

A partir de la Figura 33, se identificaron las personas participantes que habían dado respuestas negativas y se analizó la evolución de sus respuestas a lo largo de las distintas sesiones, en ambos escenarios. El objetivo era observar si la percepción del tacto cambiaba a medida que aumentaba la familiarización con la tecnología. Sin embargo, como puede observarse en las Figuras Figura 34Figura 35, las respuestas no siguen un patrón específico y varían considerablemente entre sí.


© 2025 Nokia

Figura 34: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en el supermercado?" en los participantes EC1, EC4, EC5, EC7 y EC8.

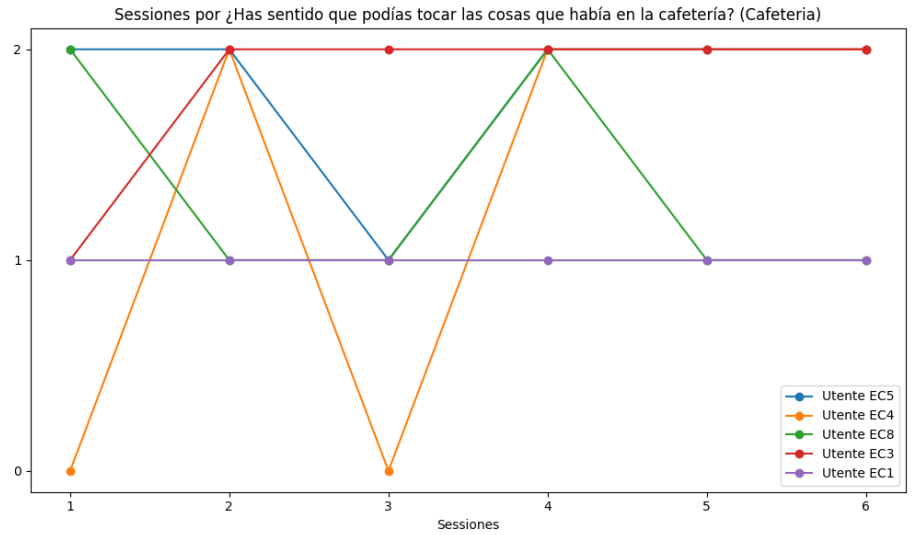



Figura 35: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en la cafetería?" en los participantes EC1, EC3, EC4, EC5 y EC8.

**Tarea 1- Mareo y carga mental:**


© 2025 Nokia

- Evaluación de los resultados por tarea en los dos escenarios:

Los gráficos, Figura 36 y Figura 37, ilustran los resultados del análisis realizado para evaluar los niveles de estrés mental de los participantes durante la ejecución de la Tarea 1 tanto del supermercado como de la cafetería.

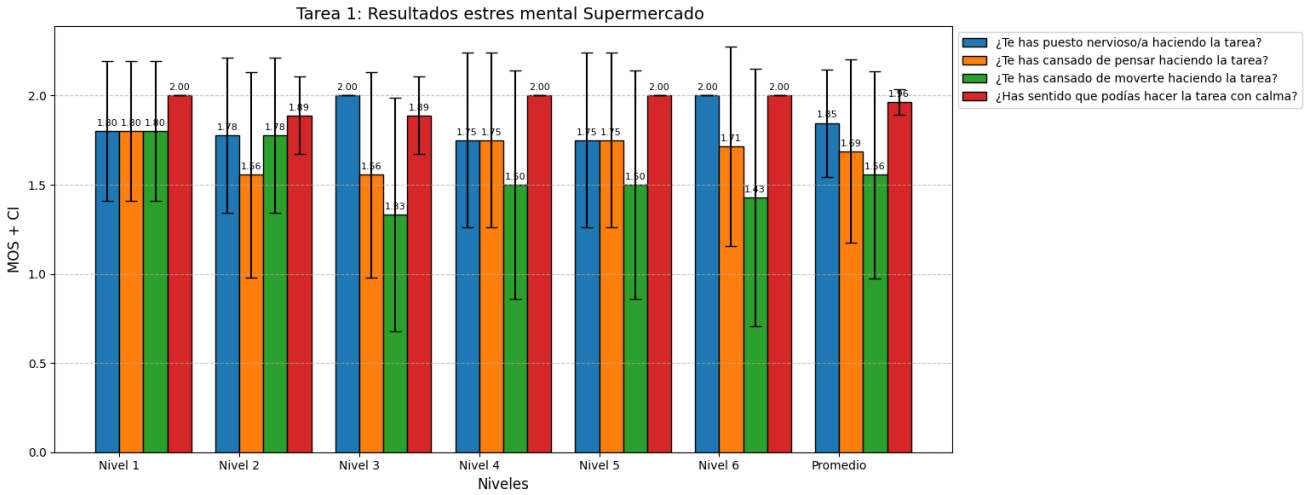



Figura 36: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre carga mental en la Tarea 1 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.


© 2025 Nokia

En el supermercado, las puntuaciones tienden a ser ligeramente más bajas y con mayor variabilidad, especialmente en las preguntas relacionadas con el cansancio físico (en verde) y el cansancio en pensar (en naranja).

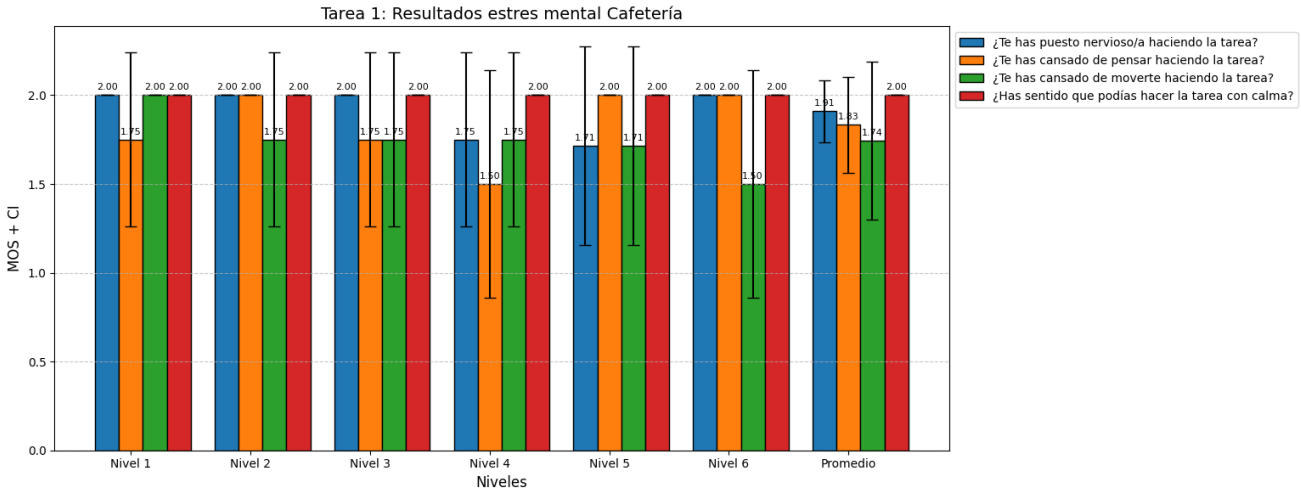



Figura 37: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre carga mental en la Tarea 1 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

En la cafetería las medias tienden a ser ligeramente más altas y con menor variabilidad respecto al supermercado. La percepción de calma (en rojo) se mantiene alta en todos los niveles, mientras que tenemos más diferencias para las otras preguntas. A pesar de ello, todos se acercan a la media.

- Comparación entre ambos escenarios


© 2025 Nokia

Los dos escenarios fueron comparados con el objetivo de identificar posibles diferencias sustanciales entre ellos.

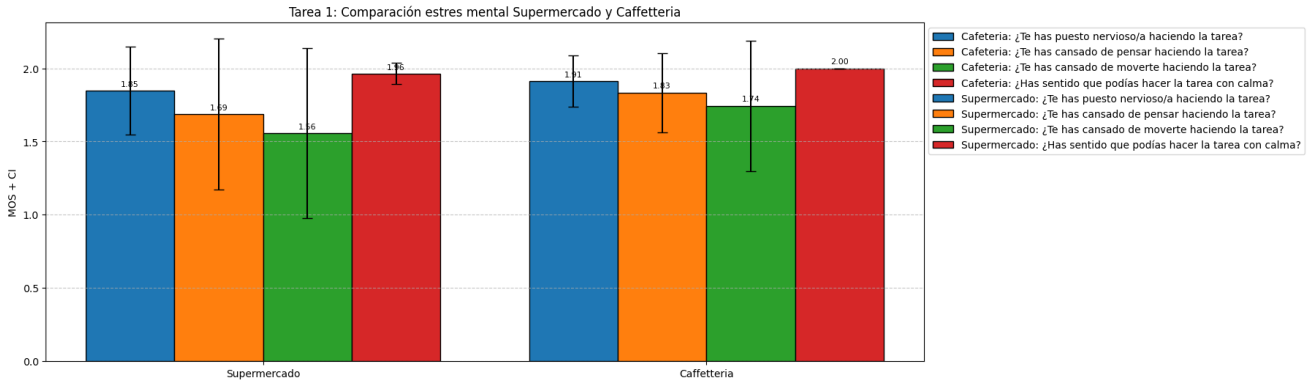



Figura 38: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la carga mental en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles.

La Figura 38 muestra la comparación entre ambos escenarios considerando el promedio de los niveles. En todas las categorías, la cafetería presenta puntuaciones ligeramente superiores, indicando menor estrés mental y mayor percepción de calma durante la tarea. Esto puede explicarse por el hecho de que la cafetería presentaba un menor nivel de dificultad que el supermercado, y fue percibido por los participantes.

Para verificar la ausencia de diferencias significativas entre los dos escenarios analizados, se realizaron pruebas estadísticas no paramétricas, ya que los datos no presentaban una distribución normal. Las hipótesis comprobadas fueron:

- $H_0$: No existe diferencia significativa entre los dos escenarios.
- $H_1$: Hay una diferencia significativa entre los dos escenarios.

Como los datos no estaban distribuidos normalmente, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney para comparar los dos grupos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

"¿Has sentido que podías hacer la tarea con calma?"

Resultado: No hubo diferencias significativas entre los grupos ($p = 0{,}177$).


© 2025 Nokia

“¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?”.

Resultado: Sin diferencias significativas entre los grupos (p = 0,284).

“¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea?”.

Resultado: Sin diferencias significativas entre los grupos (p = 0,255).

“¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea?”.

Resultado: Sin diferencias significativas entre los grupos (p = 0,467).

En todos los casos, un valor p > 0,05 indica que no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula ($H_0$), lo que confirma la ausencia de diferencias significativas entre los dos escenarios analizados a pesar de las pequeñas variaciones en las respuestas.

- Análisis de casos individuales por usuario

Se examinaron las preguntas con mayor variabilidad en las respuestas persona por persona, en función de los dos tipos de escenarios ( ver Figura 39).

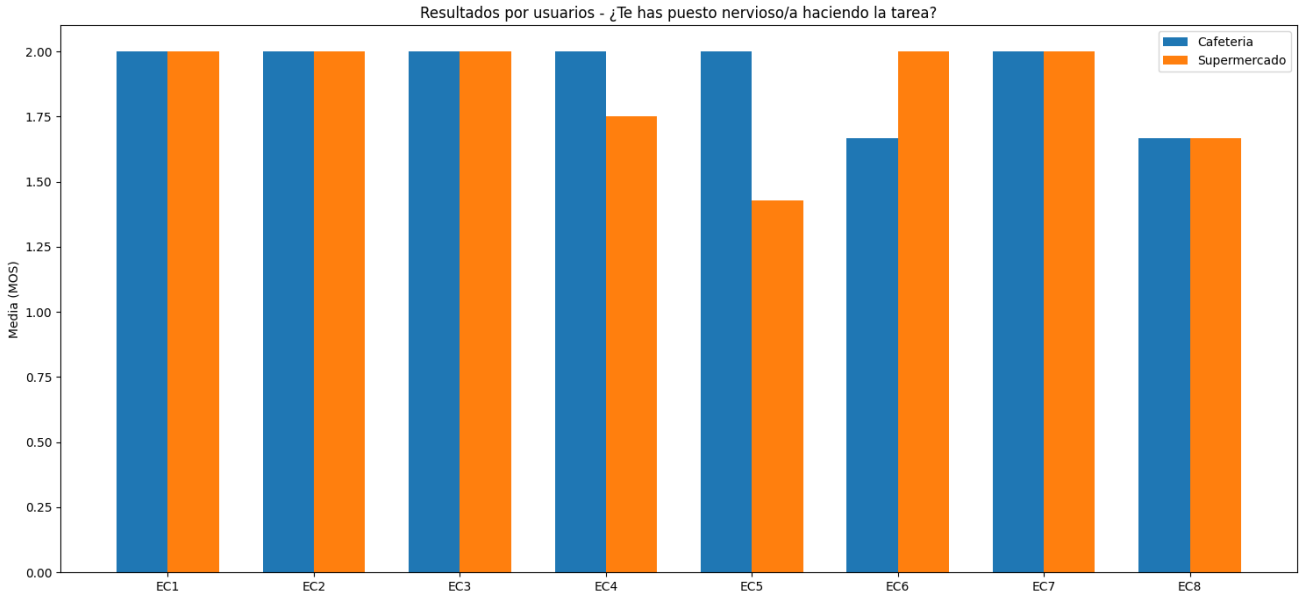



Figura 39: Valores de MOS de la pregunta “¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea?” en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).


© 2025 Nokia

Para investigar la relación entre las respuestas de los usuarios y los posibles factores de influencia, se examinaron individualmente los casos de EC4, EC5, EC6 y EC8. El objetivo era comprobar si sus valoraciones estaban determinadas principalmente por la adaptación a la tecnología y la dificultad de los niveles en los dos entornos.

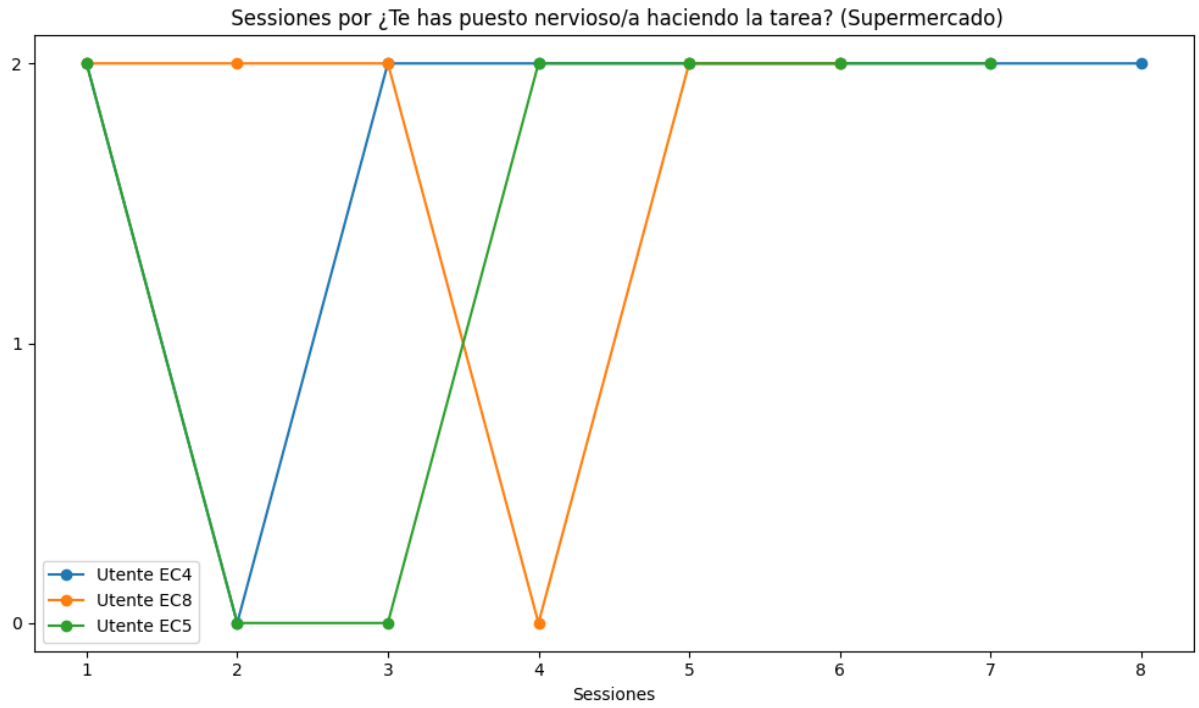



Figura 40: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea" (supermercado) en los participantes EC4, EC5 y EC8.


© 2025 Nokia

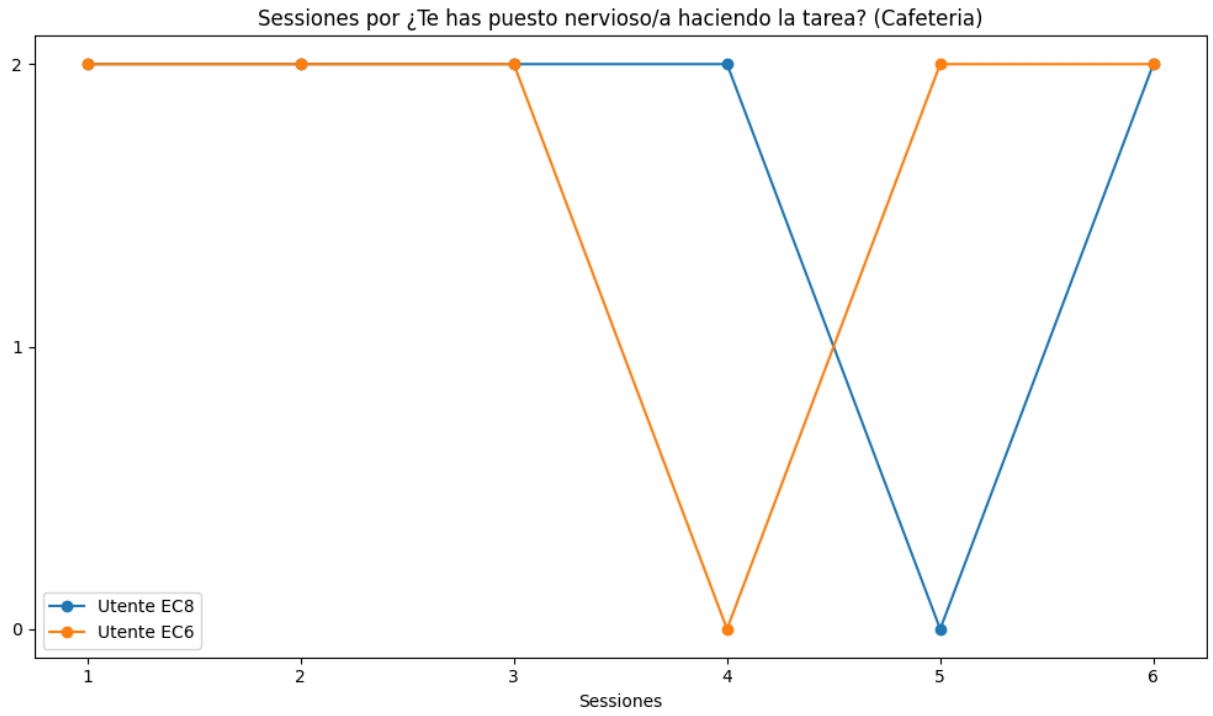



Figura 41: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea" (cafetería) en los participantes EC4, EC5 y EC8.

Los datos de la Figura 40 y la Figura 41 muestran que las valoraciones de los usuarios no se vieron influidas sistemáticamente por estas variables, lo que sugiere que otros factores pueden haber desempeñado un papel dominante en sus respuestas.


© 2025 Nokia

La Figura 42 muestra que en ambos escenarios, los mismos usuarios declararon fatiga mental con una frecuencia elevada.

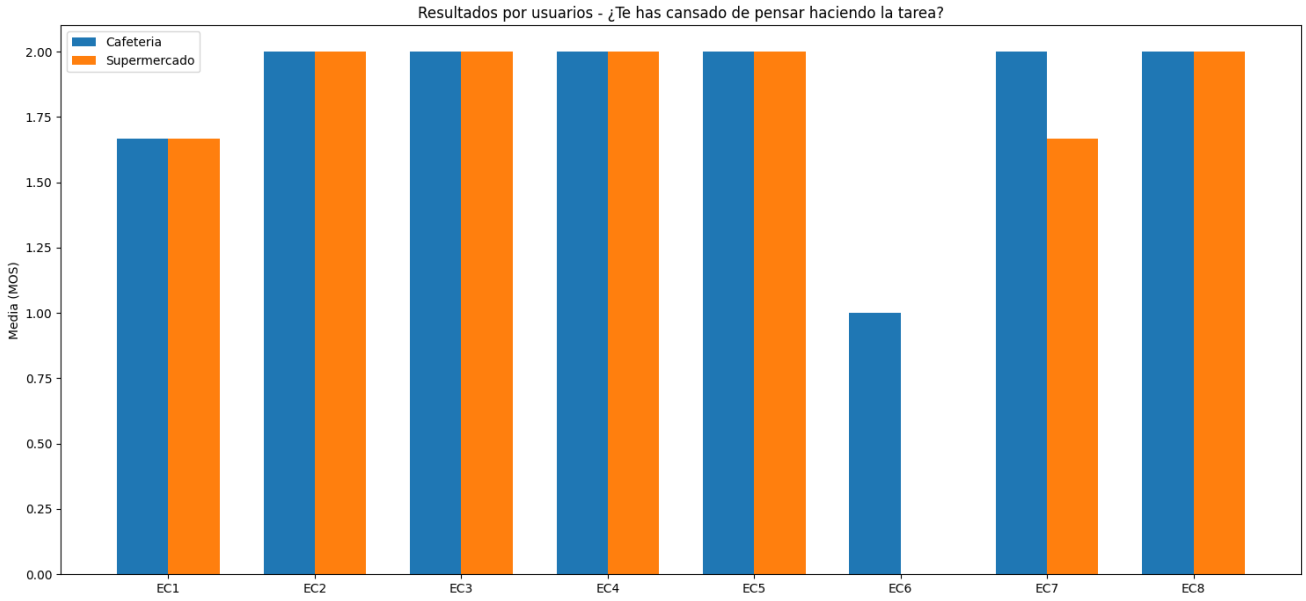



Figura 42: Valores de MOS de la pregunta "¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?" en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).

Concretando más, como puede verse en la Figura 43 y la Figura 44, EC6 mostró fatiga física en casi todas las sesiones, lo que pone de manifiesto una posible sensibilidad individual a la carga de trabajo. Otras personas (por ejemplo, EC5, EC7) mostraron la misma tendencia, aunque en menor medida, lo que sugiere que la fatiga no depende del contexto específico, como de la tecnología o la dificultad de los niveles, sino más bien de factores relacionados con el usuario.


© 2025 Nokia

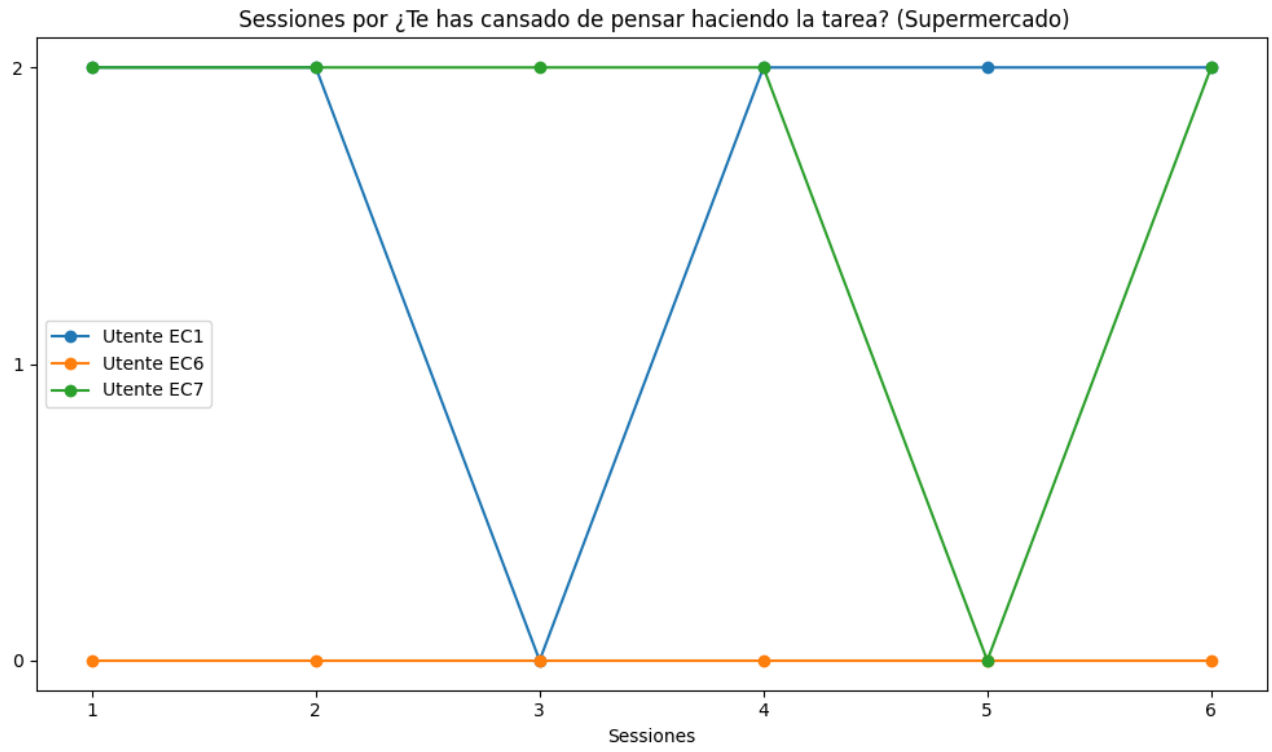



Figura 43: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?" (supermercado) en los participantes EC1, EC6 y EC7.


© 2025 Nokia

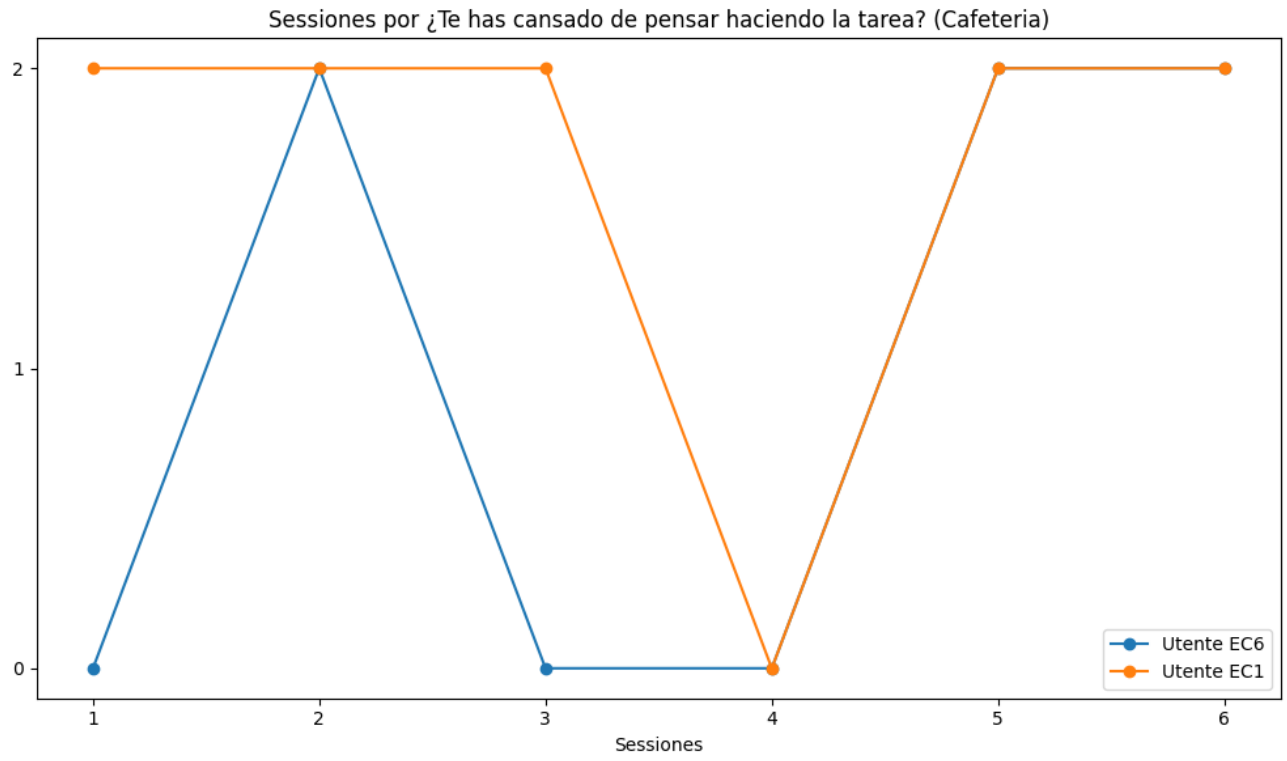



Figura 44: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?" (cafetería) en los participantes EC1 y EC6.

Al igual que en lo anterior, la Figura 45, muestra que en ambos escenarios los mismos usuarios declararon fatiga física con una frecuencia elevada, destacando especialmente los usuarios EC1, EC3 y EC6.


© 2025 Nokia

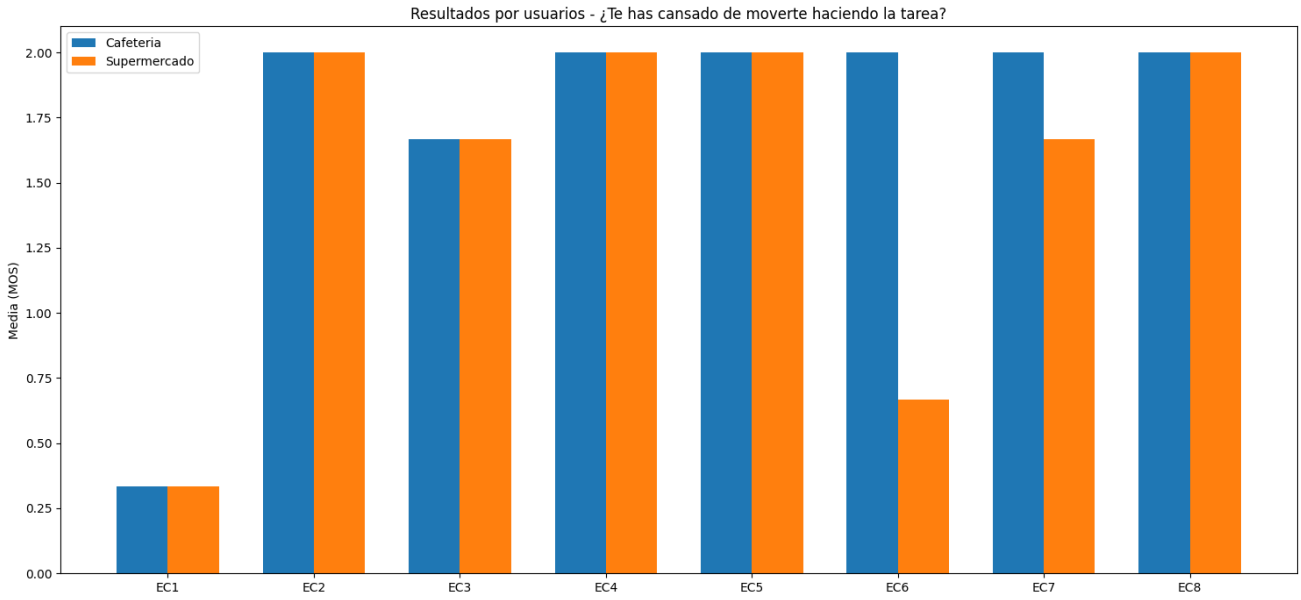



Figura 45: Valores de MOS de la pregunta “¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea?” en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).


© 2025 Nokia

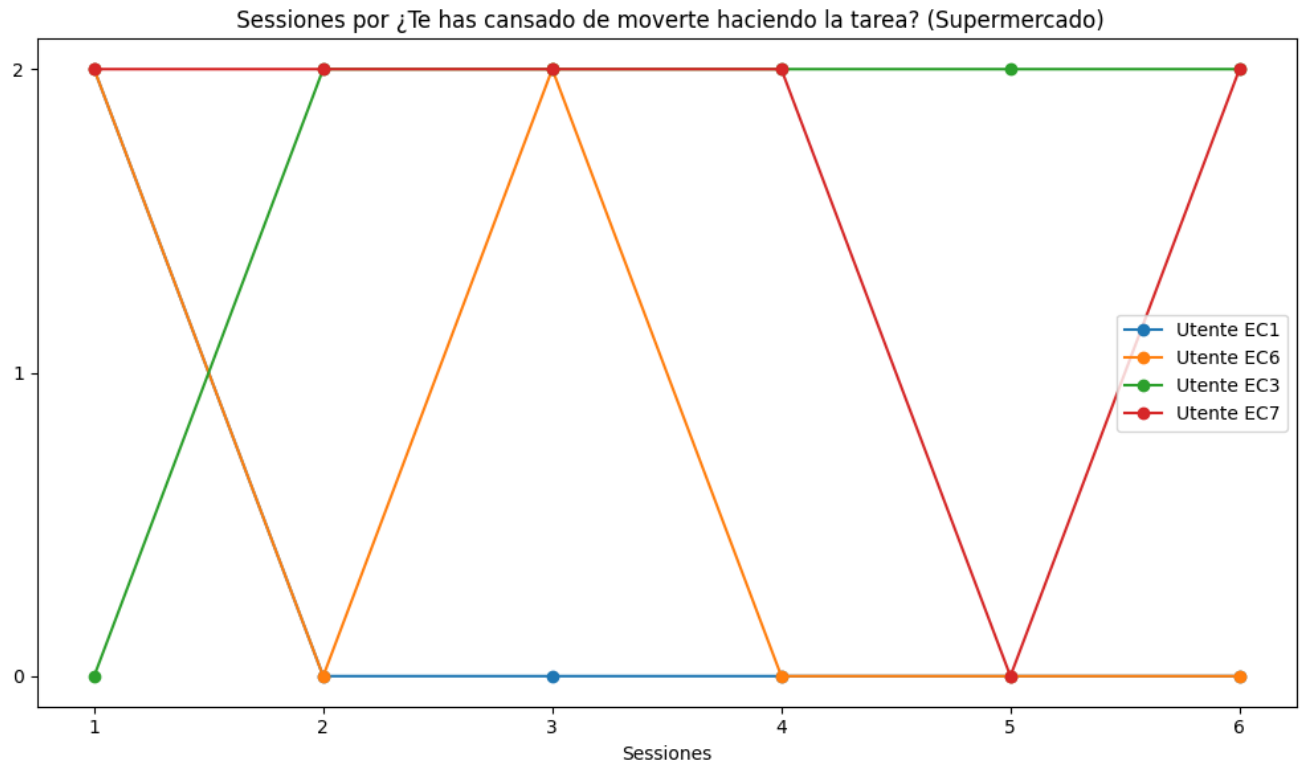



Figura 46: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea?" (supermercado) en los participantes EC1, EC3, EC6 y EC7.


© 2025 Nokia

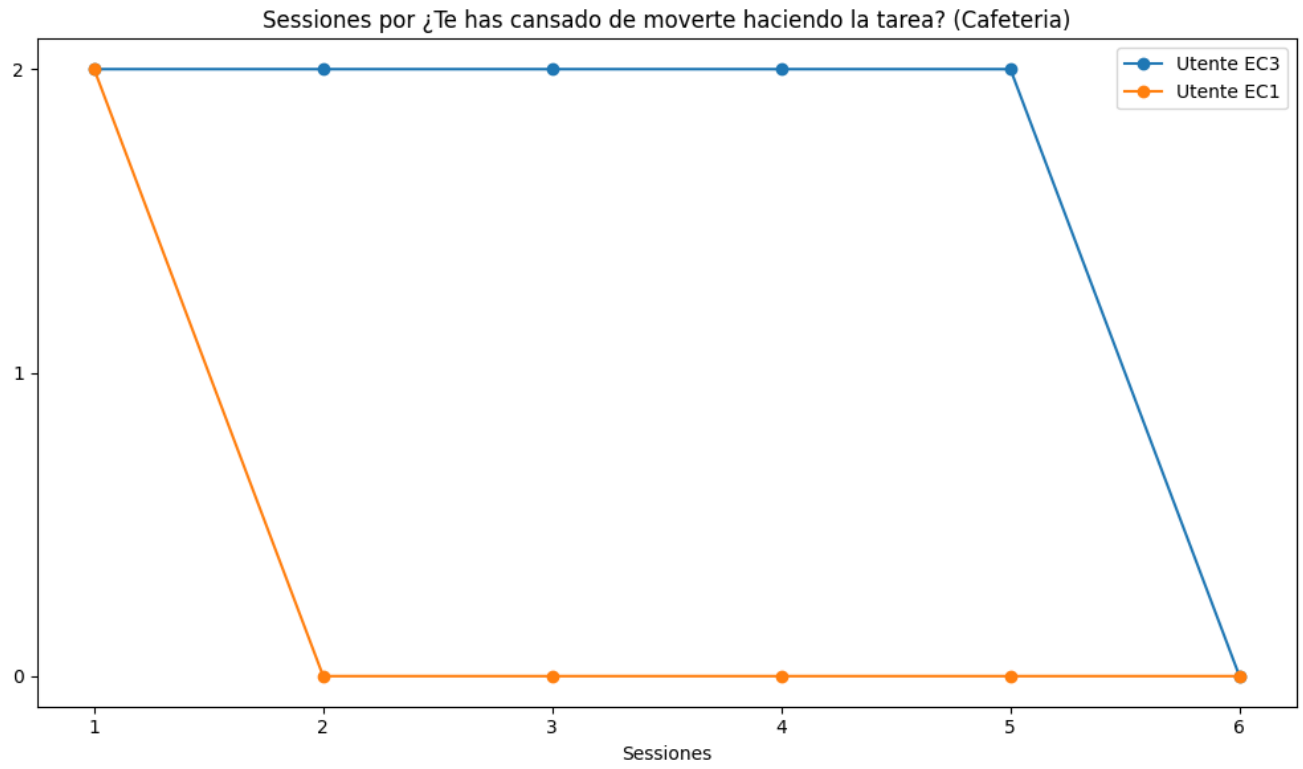



Figura 47: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea?" (cafetería) en los participantes EC1 y EC3.

La Figura 46 muestra que EC3, EC6 y EC7 son los que más fatiga física han sentido a lo largo de las sesiones en el supermercado, siendo EC3 y EC7 los que más valores máximos han tenido durante las sesiones. Por otro lado, EC1 muestra inicialmente un cansancio físico en la primera sesión, que disminuye al mínimo en el resto de las sesiones, lo que podría indicar un proceso de adaptación al entorno.

Por otro lado, la Figura 47 muestra que EC3 ha mantenido el máximo cansancio físico también en la cafetería salvo la última sesión. Este patrón sugiere que la fatiga física experimentada por EC3 no depende exclusivamente del escenario, sino que podría estar relacionada con características individuales del participante o con la exigencia general de la tarea.


© 2025 Nokia

Para evaluar el mareo se utilizó un enfoque específico centrado en la pregunta "¿Te has mareado?". La visualización de datos mediante un gráfico circular permitió representar claramente la distribución de las respuestas.

El análisis abarcó un total de 98 sesiones (51+47 en los dos escenarios). Los resultados revelaron que solo en el 5.1% de los casos se manifestaron episodios de mareo, lo que indica una baja incidencia general (ver Figura 48). La gran mayoría de las sesiones (94.9%) se completaron sin reportar síntomas de desorientación o náuseas. En conjunto, los resultados sugieren que el sistema presenta una buena tolerancia en términos de mareo y síntomas asociados.

Figura 48: Gráfico circular que muestra el porcentaje de respuestas “sí” y “no” a la pregunta “¿Te has mareado?” en la Tarea 1.

**Tarea 1- Experiencia subjetiva:**

- Evaluación de los resultados por tarea en los dos escenarios:

Para la experiencia subjetiva, se observan respuestas medias altas en el contexto del supermercado (ver Figura 49), con la excepción de la pregunta “¿Cómo has hecho la tarea?”, que muestra resultados ligeramente inferiores a la media. Por el contrario, en el contexto de la cafetería (ver Figura 50) todas las respuestas son más altas.


© 2025 Nokia

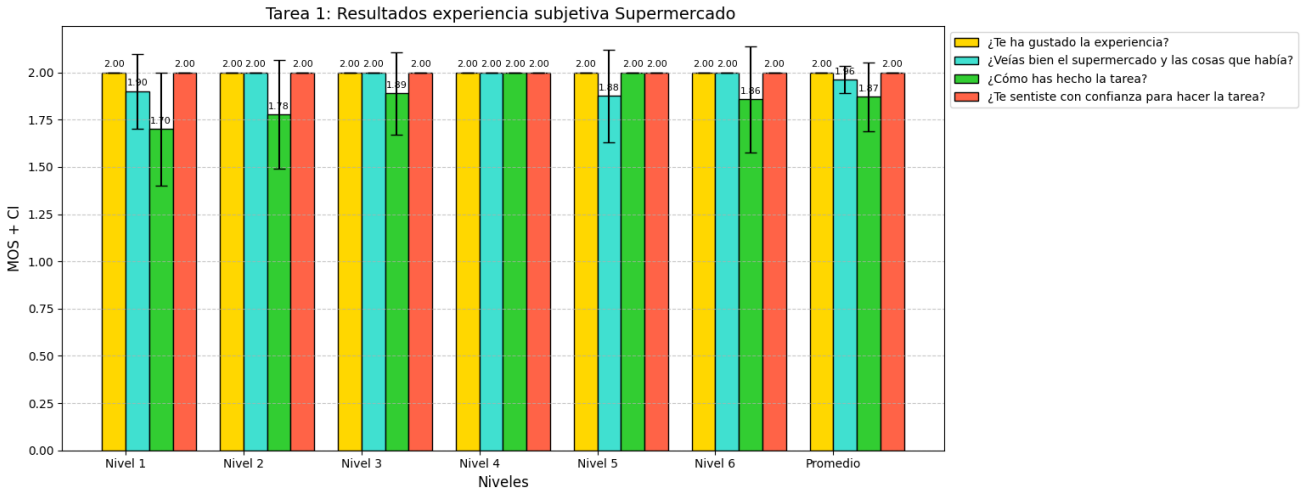



Figura 49: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la experiencia subjetiva en la Tarea 1 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

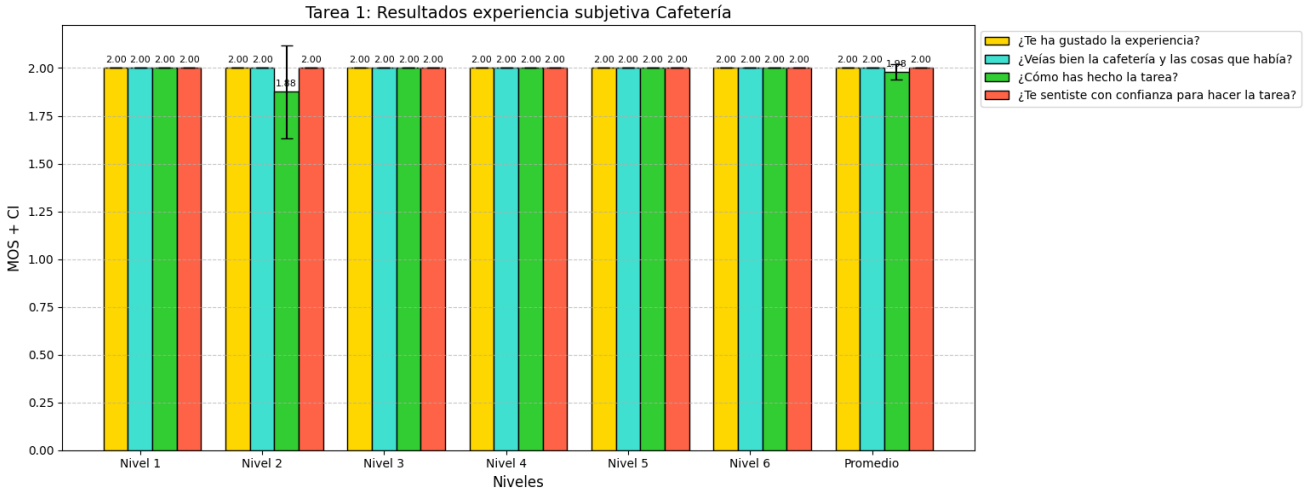



Figura 50: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la experiencia subjetiva en la Tarea 1 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

Un aspecto positivo que emerge de ambos gráficos y de ambos escenarios es que todos las personas participantes han disfrutado mucho de la experiencia y se han sentido seguras al completarla, lo que representa una señal extremadamente positiva.

- Comparación entre ambos escenarios


© 2025 Nokia

Al comparar los dos escenarios (ver Figura 51), surgió una ligera diferencia en la respuesta a la pregunta “¿Cómo has hecho la tarea?”, mostrando medias ligeramente más altas para la cafetería. Para comprobar si esta diferencia era estadísticamente significativa, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, ya que los datos no seguían una distribución gaussiana.

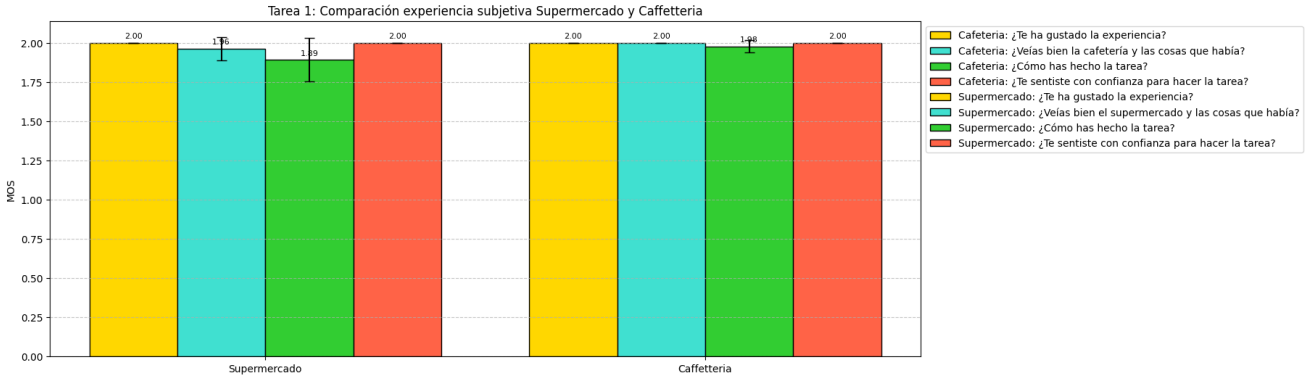



Figura 51: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la experiencia subjetiva en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles.

Se han formulado las siguientes hipótesis:

- $H_0$: No existe diferencia significativa entre los dos escenarios.
- $H_1$: Hay una diferencia significativa entre los dos escenarios.

El resultado ha mostrado una diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos ($U = 950.0$, $p = 0.045$), lo que sugiere que los participantes realmente sintieron que realizaron mejor la tarea en la Cafetería en comparación con el Supermercado. Por lo tanto, hemos rechazado la hipótesis nula (H0) y aceptado la hipótesis alternativa (H1).

- Análisis de casos individuales por usuario

En este caso, el análisis específico por persona se realizó solo para la pregunta "¿Cómo has hecho la tarea?", ya que fue la que presentó mayor variación en las respuestas, como se presenta en la Figura 52. Se evidencia claramente que hubo mayores dificultades en el entorno del supermercado en comparación con la cafetería. Esta disparidad no solo responde a la inherente mayor complejidad de las tareas en el supermercado, ya que presentan una mayor cantidad de elementos interactivos demandando un mayor esfuerzo


© 2025 Nokia

cognitivo por parte de las personas participantes, sino que también se vio agravada por diversos problemas técnicos que afectaron negativamente la experiencia durante las sesiones.

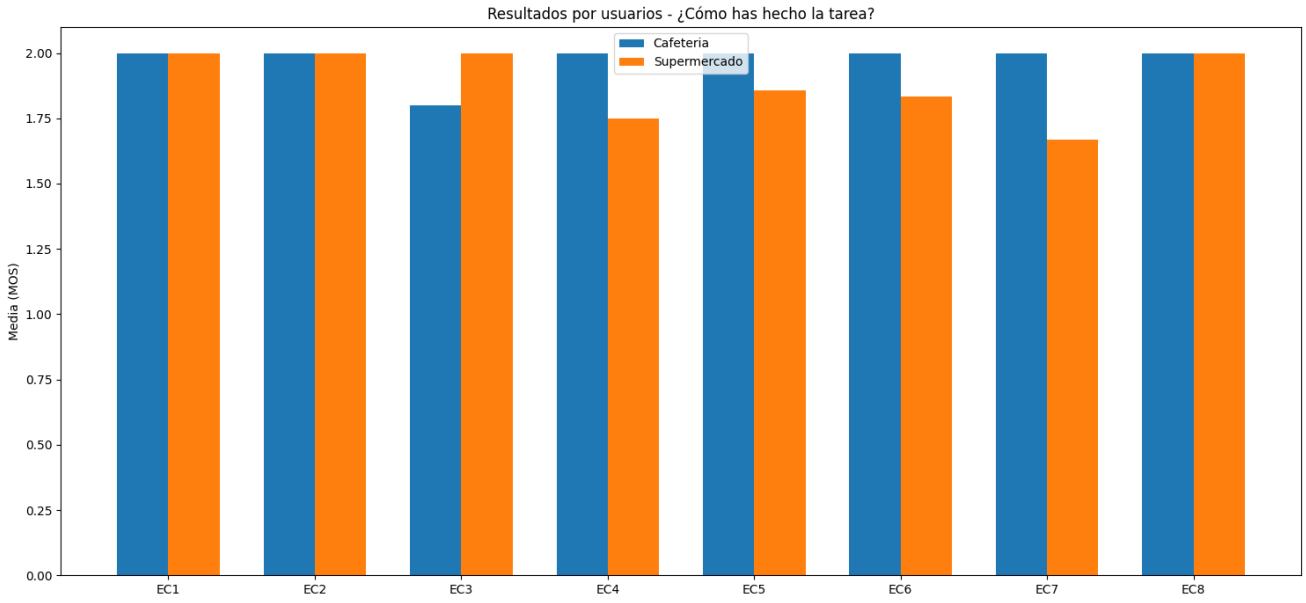



Figura 52: Valores de MOS de la pregunta "¿Cómo has hecho la tarea?" en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).

La Figura 53 muestra que EC4 tuvo dificultades con la tarea en el supermercado durante las primeras sesiones y a partir de la sesión 3 sintió que la había completado de manera satisfactoria, lo que podría referenciar a una adaptación a la compresión de la tarea a partir de la sesión 3. Por otro lado, EC5, EC6 y EC7 mostraron un cambio más variable, sin un patrón claro, aunque alcanzaron los valores máximos, es decir, que sintieron que habían completado la tarea correctamente, en las dos últimas sesiones.

La Figura 54 muestra que EC3 tuvo más dificultad para realizar la tarea en la sesión 2, mientras que en el resto de sesiones sintió que había tenido mínima dificultad.


© 2025 Nokia

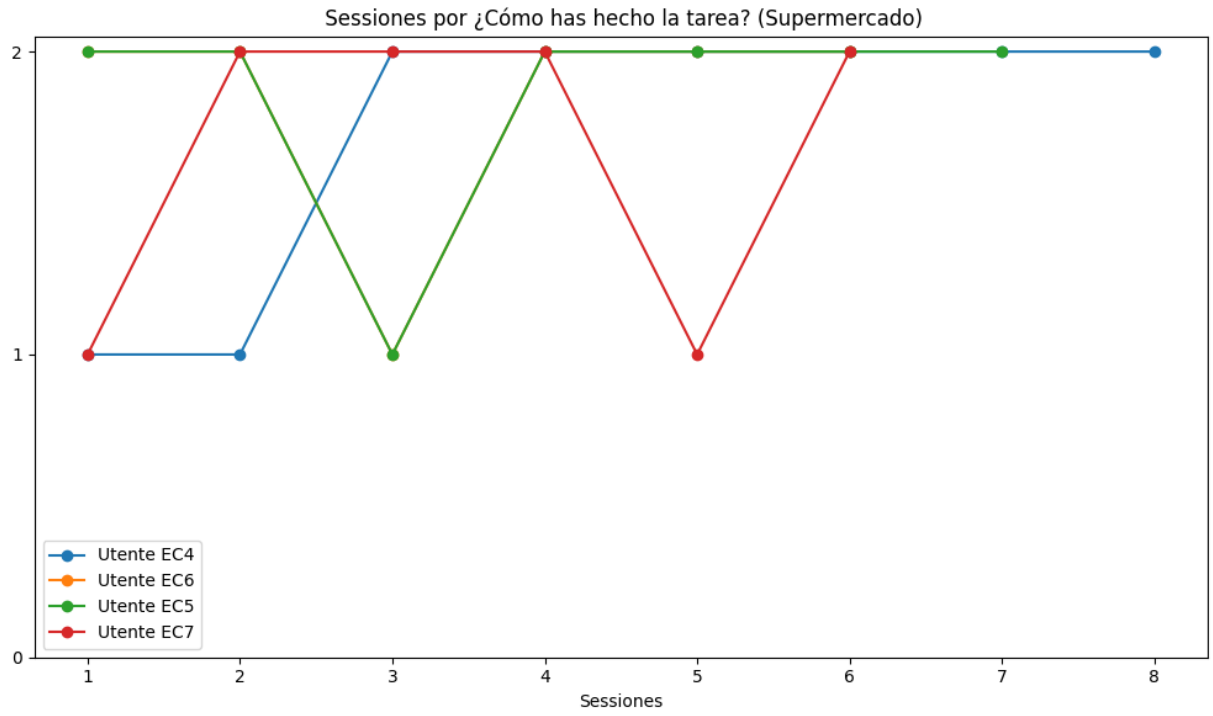



Figura 53: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Cómo has hecho la tarea?” (supermercado) en los participantes EC4, EC5, EC6 y EC7.


© 2025 Nokia

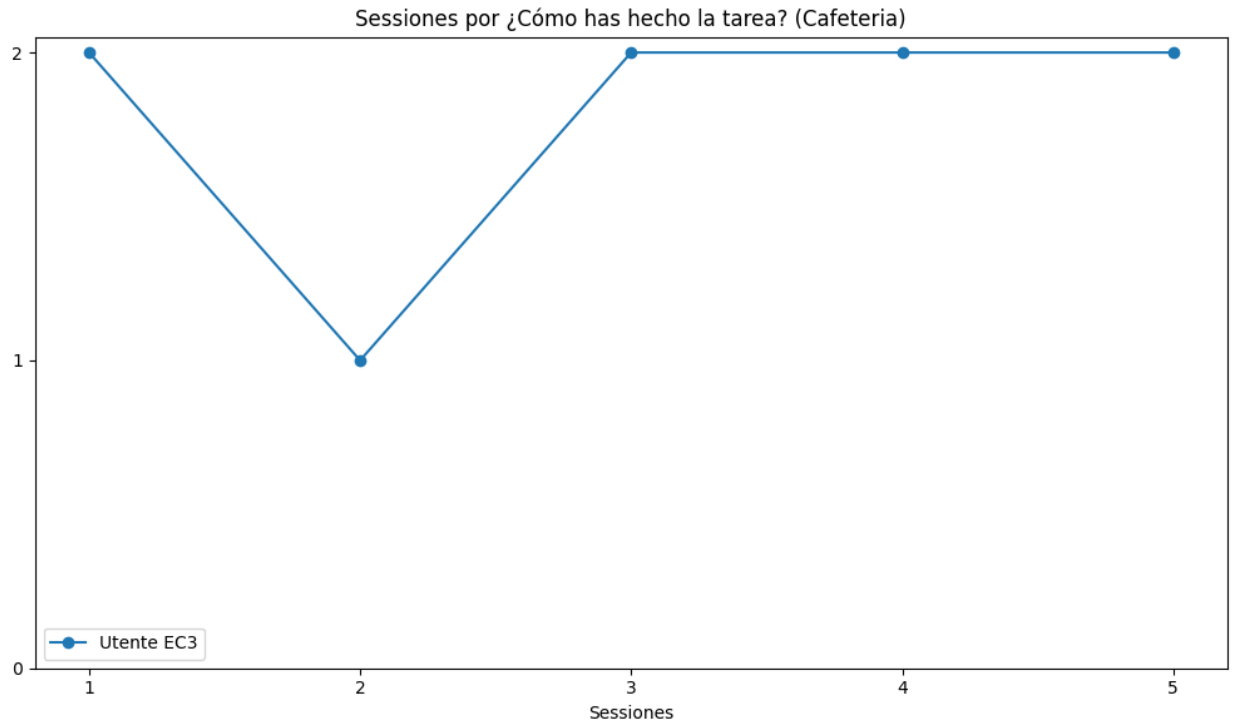



Figura 54: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Cómo has hecho la tarea?" (cafetería) en el participante EC3.

**Tarea 1- Usabilidad**

- Evaluación de los resultados por tarea en los dos escenarios:

Los gráficos, Figura 55 y Figura 56 , muestran los resultados de las tres preguntas de usabilidad evaluadas en los niveles de dificultad para los dos escenarios. Los resultados del escenario de supermercado revelan unas evaluaciones de usabilidad muy altes en todos los niveles. Se pueden ver ligeras variaciones en la facilidad de coger los objetos. Aun así, el promedio general para las tres preguntas se mantiene en torno al 2.00, lo que indica una experiencia positiva por parte de los/as usuarios/as.

Lo mismo puede decirse del escenario de la cafetería donde la media para todas las preguntas y niveles se mantiene casi en la misma media, con mínimas desviaciones en la pregunta de la facilidad de coger los objetos.


© 2025 Nokia

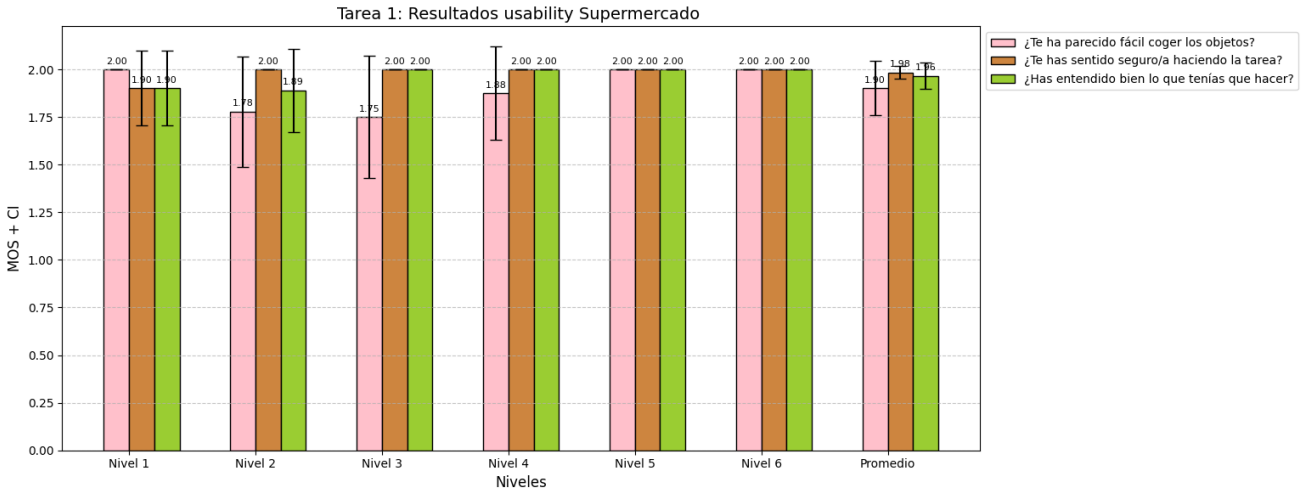



Figura 55: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la usabilidad en la Tarea 1 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

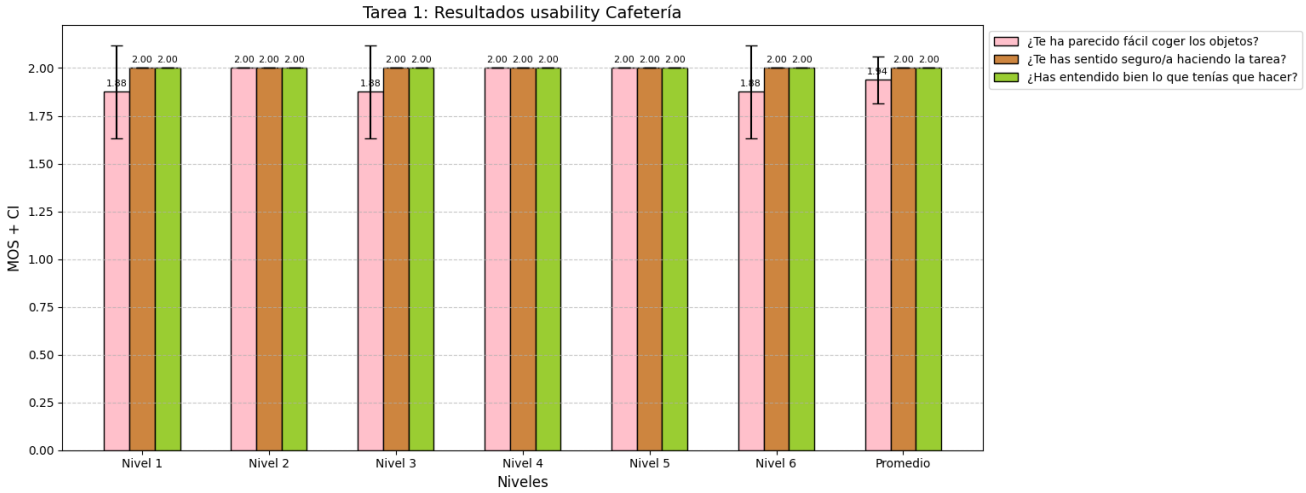



Figura 56: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la usabilidad en la Tarea 1 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

- Comparación entre ambos escenarios

Con el objetivo de identificar posibles diferencias en la usabilidad entre los dos escenarios evaluados, se realizó una comparación directa de los resultados en media (ver Figura 57).


© 2025 Nokia

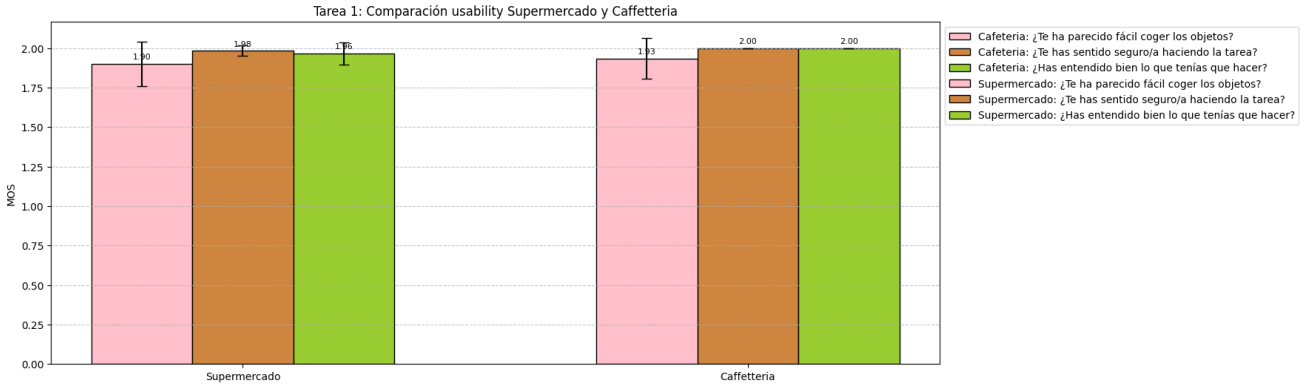



Figura 57: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la usabilidad en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles.

El gráfico muestra que no se observaron diferencias sustanciales entre ambos escenarios, siendo los promedios muy parecidos. Se puede ver como los valores de las medias se sitúan en torno al máximo valor posible o muy próximas a él, con poca variabilidad.

Los resultados indican que la experiencia de usabilidad fue positiva en ambos escenarios, concluyendo que ambos fueron bien implementados y diseñados en todos sus niveles y progresión.

- Análisis de casos individuales por persona participante.


© 2025 Nokia

Se examinaron con detalle las preguntas que mostraron mayor variabilidad en las respuestas, analizadas por cada participante (ver Figura 58).

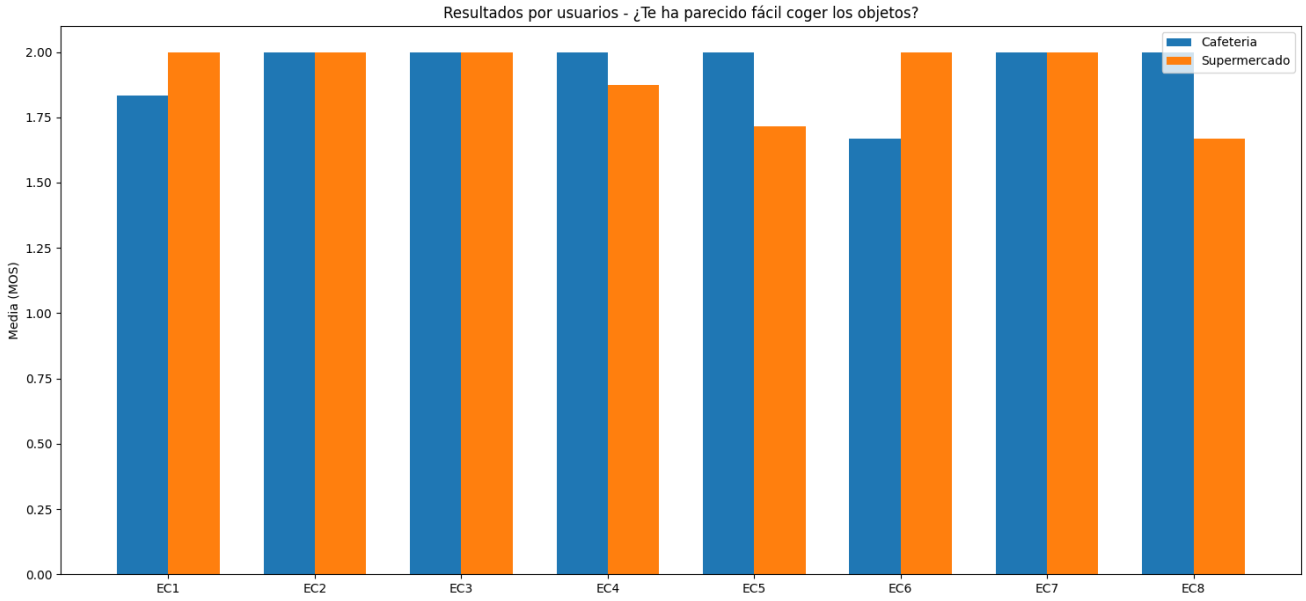



Figura 58: Valores de MOS de la pregunta "¿Te ha parecido fácil coger los objetos?" en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).

Para explorar la relación entre las valoraciones de participantes y los posibles factores que pudieron influir, se estudiaron de manera individual los casos de EC1, EC4, EC5, EC6 y EC8. El objetivo principal era determinar si sus evaluaciones estaban asociadas a la adaptación a la tecnología empleada, o a la dificultad percibida en los niveles.

Como puede verse en la Figura 59 y la Figura 60, es posible que sólo la respuesta de EC1 se viera influida por la adaptación a la tecnología. Los resultados de los otros usuarios/as revelaron que estas variables no ejercieron una influencia sistemática en las respuestas, lo que sugiere que otros factores, podrían haber desempeñado un papel más relevante.


© 2025 Nokia

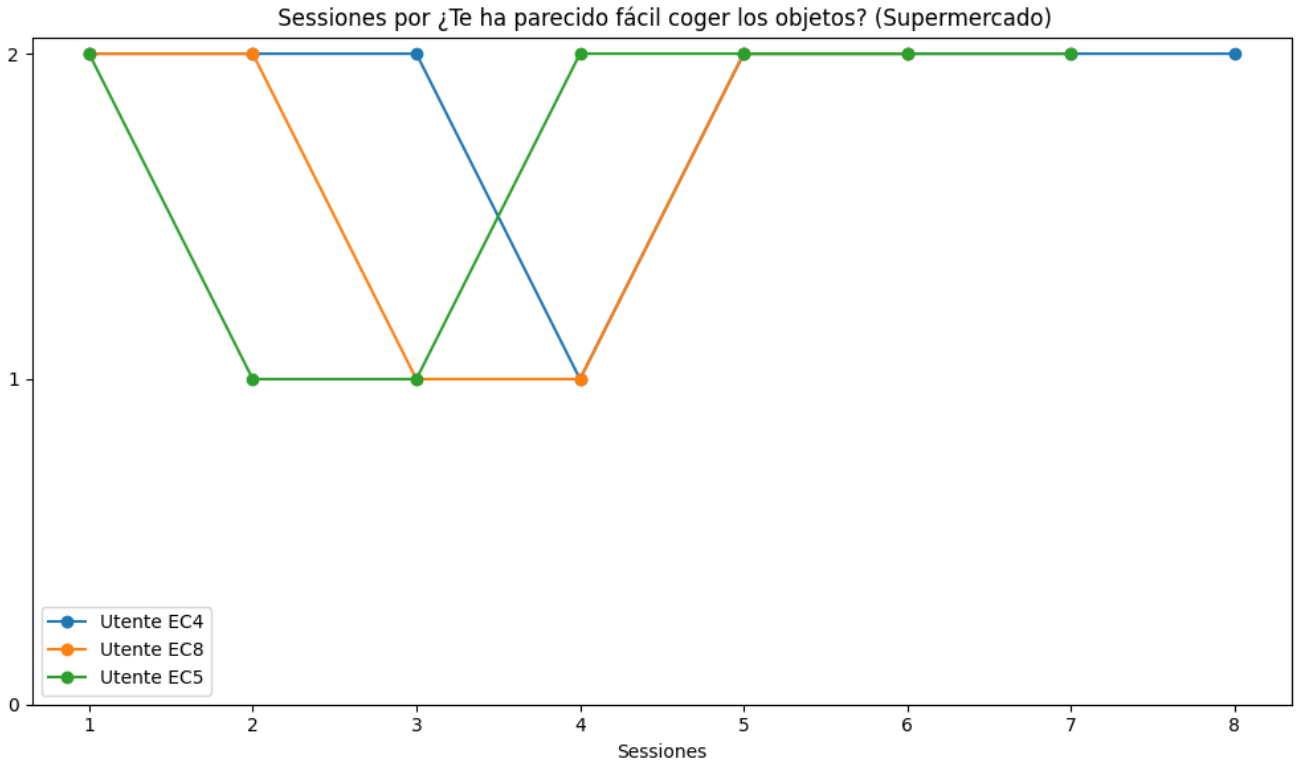



Figura 59: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te ha parecido fácil coger los objetos?" (supermercado) en los participantes EC4, EC5, y EC8.


© 2025 Nokia

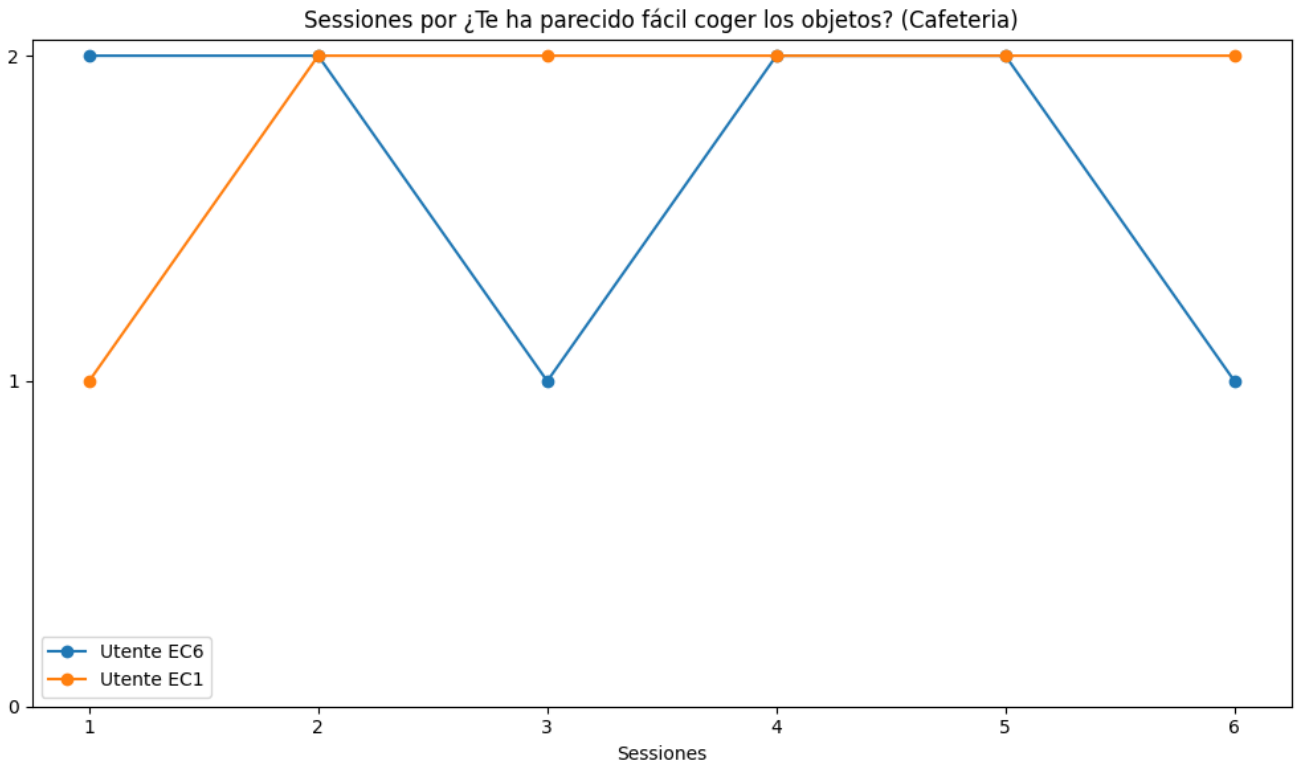



Figura 60: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Te ha parecido fácil coger los objetos?” (cafetería) en los participantes EC1 y EC6.

Para evaluar la comodidad del uso de las gafas durante la Tarea 1, se utilizó una pregunta directa: "¿Te han molestado las gafas?". La representación visual mediante el gráfico circular que sigue permitió observar de forma clara la distribución de las respuestas.

El análisis mostró (ver Figura 61) que en el 95.6% de los casos, los participantes no reportaron molestias, mientras que solo un 4.4% indicó haber sentido alguna incomodidad relacionada con las gafas. Esta baja proporción sugiere que el dispositivo fue bien tolerado desde el punto de vista físico, sin generar distracciones o molestias significativas que pudieran afectar el desempeño en la tarea.


© 2025 Nokia

Figura 61: Diagrama de sectores que muestra el porcentaje de respuestas “sí” y “no” a la pregunta “¿Te han molestado las gafas?” en la Tarea 1.

**Tarea 2 - Presencia espacial:**

La Figura 62 y la Figura 63 muestran los resultados de la presencia espacial percibida durante la Tarea 2 en los escenarios del supermercado y la cafetería, respectivamente. En el gráfico del supermercado (Figura 62), las puntuaciones son muy altas y uniformes. Todas las preguntas muestran valores medios muy próximos al máximo, con un ligero descenso en el nivel 4 en la percepción de poder tocar los objetos. En general, la experiencia fue percibida como altamente inmersiva.


© 2025 Nokia

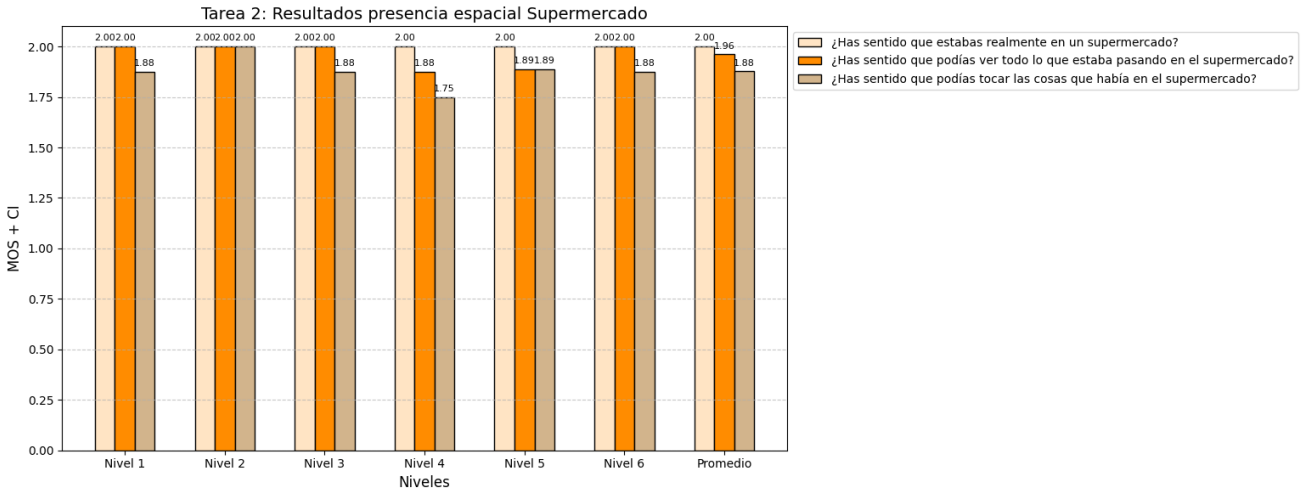



Figura 62: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la presencia espacial en la Tarea 2 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

En el gráfico de la cafetería (Figura 63) se observa una tendencia similar, con puntuaciones medias muy altas en todas las preguntas y niveles. De nuevo, sin embargo, la pregunta sobre la posibilidad de tocar objetos obtiene valores ligeramente inferiores en los niveles 4, 5 y 6.

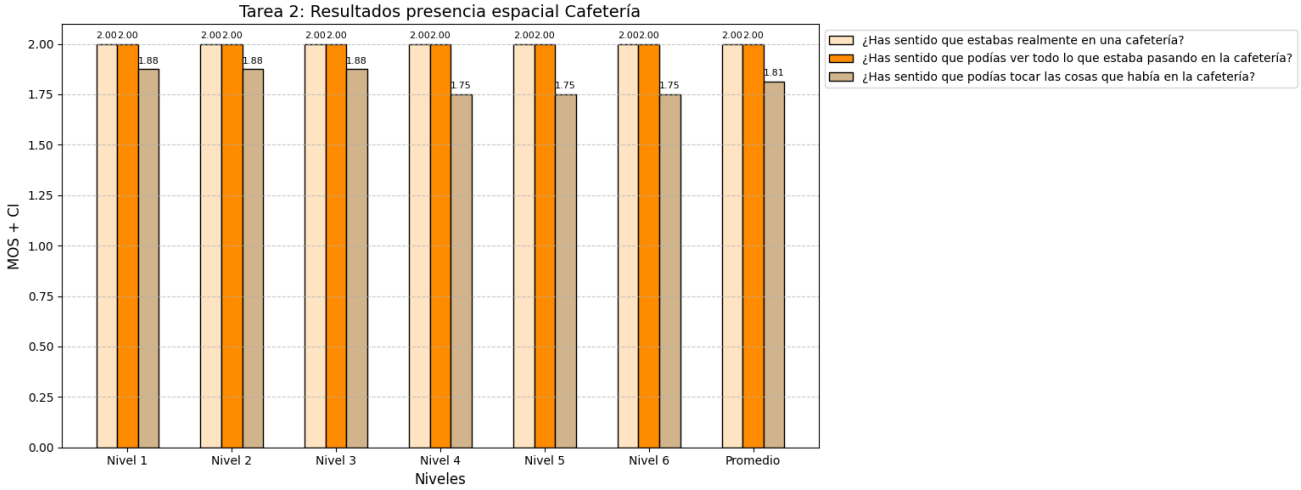



Figura 63: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la presencia espacial en la Tarea 2 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

- Comparación entre ambos escenarios


© 2025 Nokia

Los dos escenarios fueron comparados con el objetivo de identificar posibles diferencias sustanciales entre ellos (ver Figura 64). Aunque, como se mencionó anteriormente, en la pregunta "¿Han sentido que podían tocar cosas que había en el supermercado/cafetería?" se registraron valores más bajos en comparación con las demás, no parecen surgir diferencias significativas entre ambos escenarios de la Tarea 2.

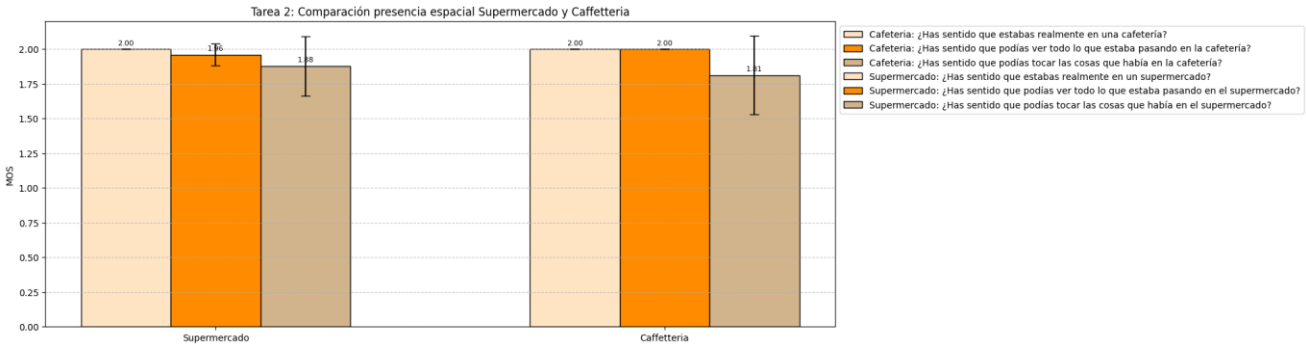



Figura 64: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la presencia espacial en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles.

- Análisis de casos individuales por usuario

Se procedió a analizar la pregunta "¿Han sentido que podían tocar cosas que había en el supermercado/cafetería?" persona por persona, en función de los dos tipos de escenarios, presentado en la Figura 65.


© 2025 Nokia

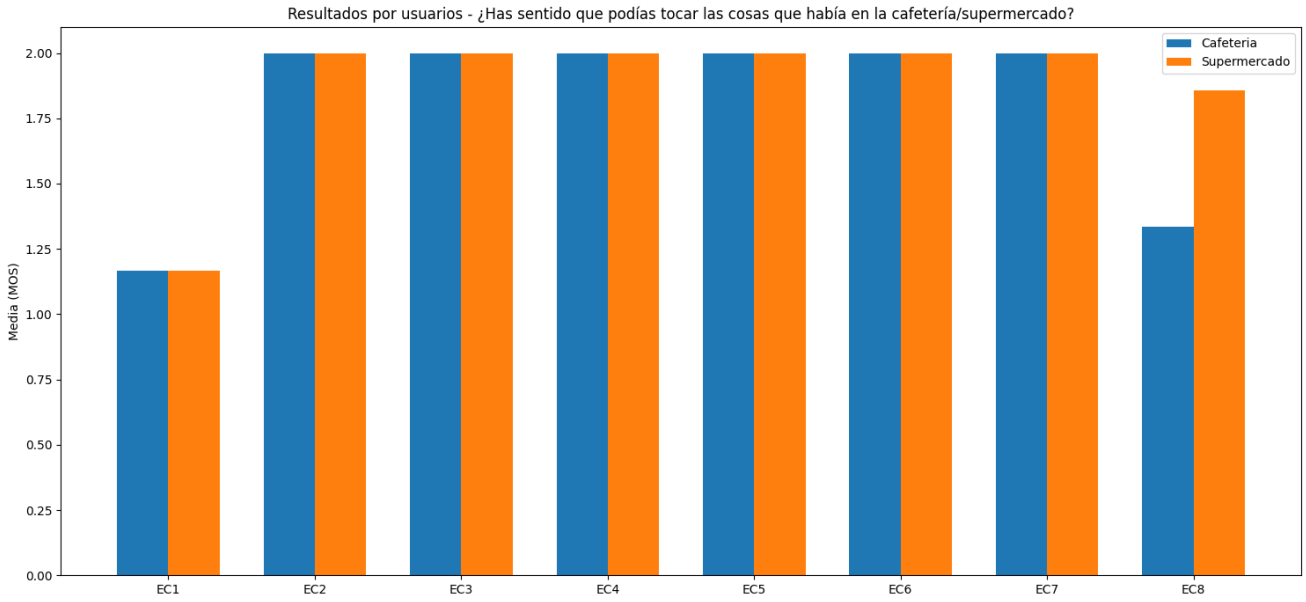



Figura 65: Valores de MOS de la pregunta "¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en la cafetería/supermercado?" en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).

Como puede observarse, la mayoría de los participantes valoró muy positivamente ambos escenarios, con puntuaciones cercanas al valor máximo. No obstante, existen algunas excepciones destacables. El usuario EC1 presentó una percepción significativamente más baja en ambos entornos, mientras que el usuario EC8 mostró una diferencia clara entre escenarios, evaluando el supermercado de forma más positiva que la cafetería.


© 2025 Nokia

A partir del gráfico, se identificaron los casos en los que la percepción del tacto fue menor y se compararon las respuestas individuales entre ambos contextos, presentado en la Figura 66 y Figura 67.

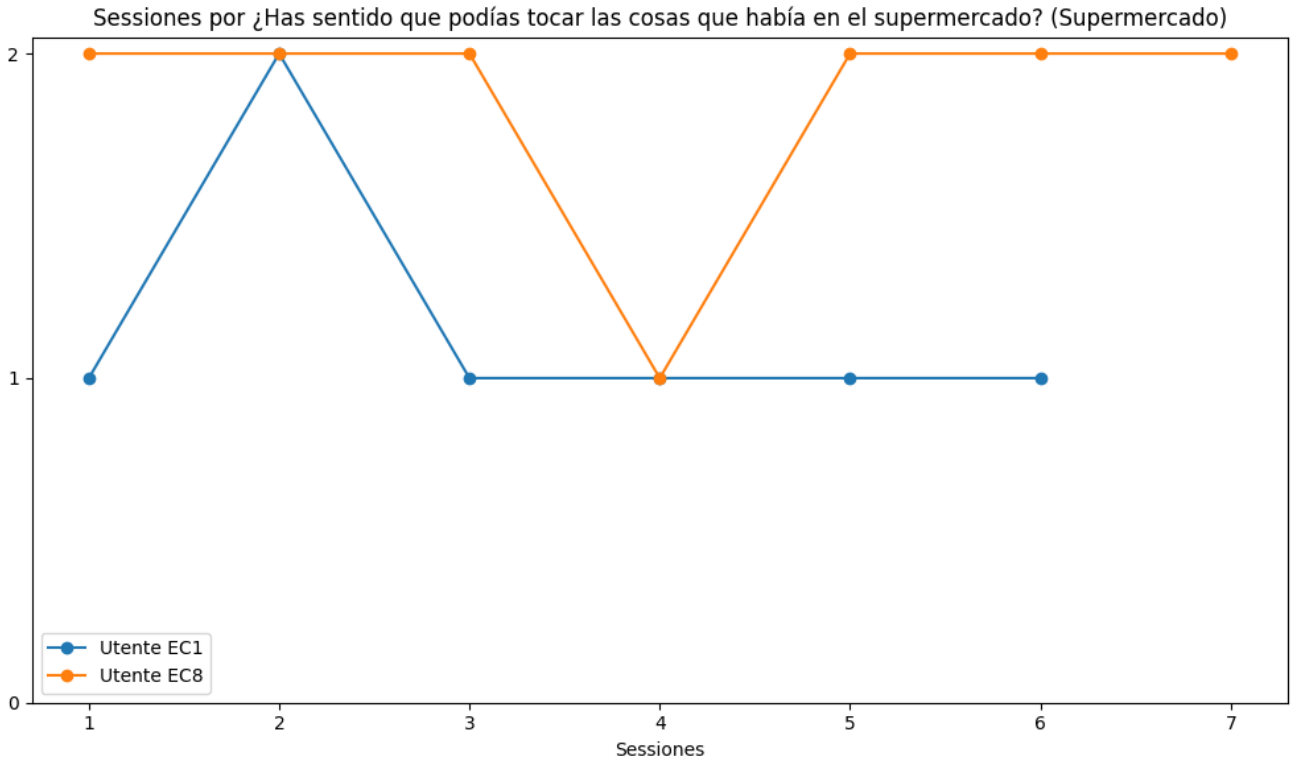



Figura 66: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en el supermercado?" en los participantes EC1 y EC8.


© 2025 Nokia

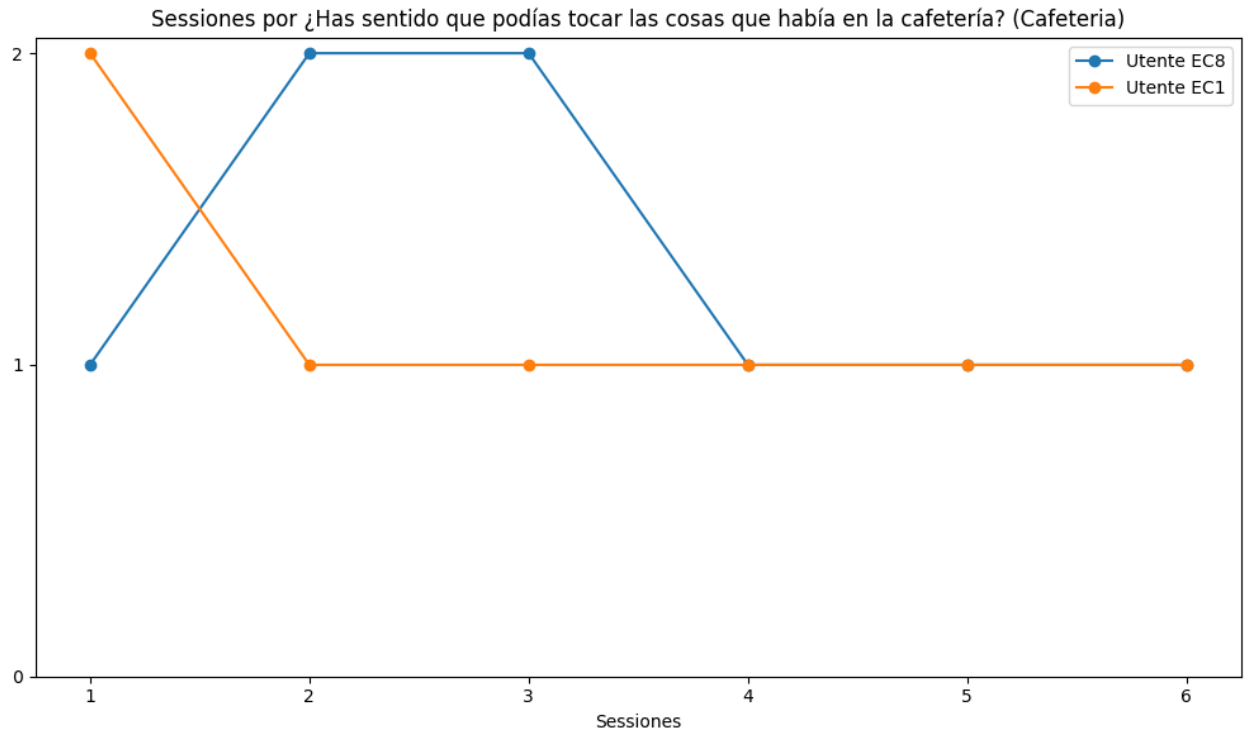



Figura 67: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en la cafetería?" en los participantes EC1 y EC8.

A diferencia de la Tarea 1, las personas participantes ya habían realizado varias sesiones previas, por lo que no se trataba tanto de un proceso de adaptación tecnológica, sino más bien de cómo se consolidaba o variaba su percepción de presencia espacial a lo largo del tiempo. Como puede observarse en los gráficos siguientes, las respuestas de las personas participantes EC1 y EC8 continúan mostrando variabilidad, aunque sin seguir un patrón común. Esta no linealidad sugiere que la familiaridad con la tecnología no es el único factor determinante en la percepción del tacto y que probablemente entran en juego elementos subjetivos y contextuales.

**Tarea 2 - Mareo y carga mental:**

- Evaluación de los resultados por tarea en los dos escenarios:

La Figura 68 y la Figura 69 ilustran los resultados del análisis realizado para evaluar los niveles de estrés mental de los participantes durante la ejecución de la Tarea 2 tanto del supermercado como de la cafetería.


© 2025 Nokia

En el contexto del supermercado, los resultados del área 2 indican un manejo generalmente positivo del estrés mental. La mayoría de las preguntas reciben valoraciones muy altas, lo que sugiere que los participantes no se sintieron especialmente nerviosos/as ni fatigados/as durante la actividad. Sólo se observan ligeros descensos en la percepción de control y fatiga mental en determinados momentos.

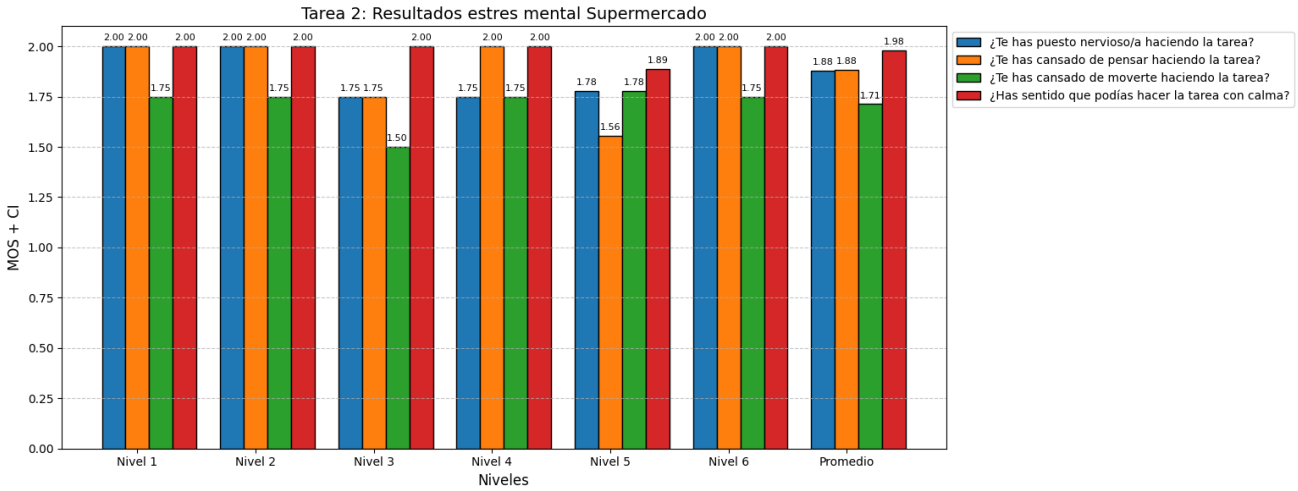



Figura 68: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la carga mental en la Tarea 2 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

Incluso en la cafetería, la tendencia de las respuestas muestra una experiencia fluida sin tensiones significativas. Las valoraciones siguen siendo sistemáticamente altas y no se aprecian picos de incomodidad.

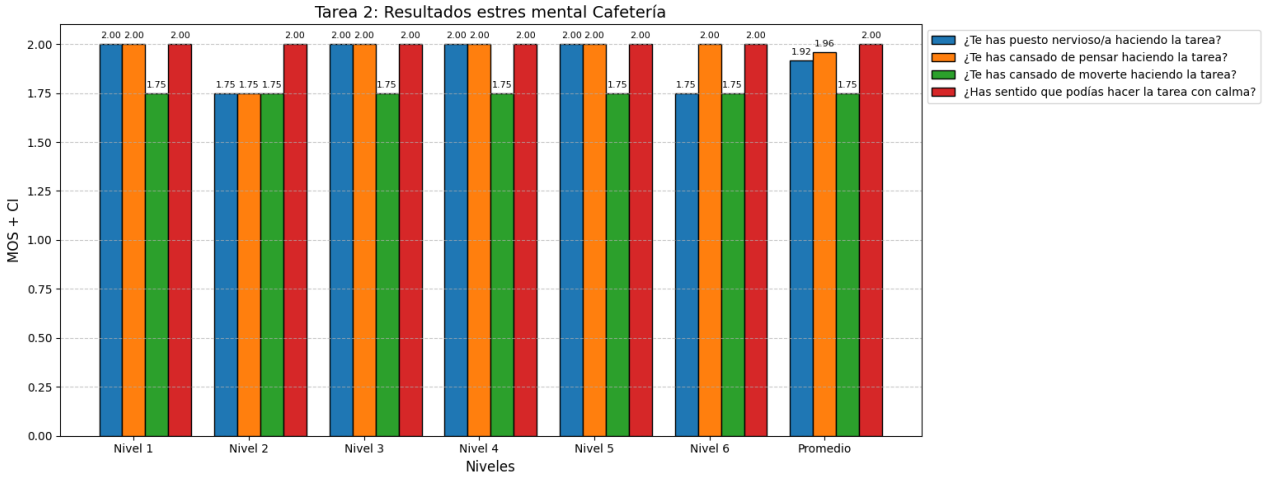



Figura 69: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la carga mental en la Tarea 2 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.


© 2025 Nokia

En la comparación directa entre el supermercado y la cafetería en la Tarea 2, los niveles de estrés mental percibidos por los participantes son similares en ambos escenarios (ver Figura 70). En ambos contextos, las respuestas muestran una sensación general de calma, con altas puntuaciones sobre todo en la percepción de ser capaz de realizar la tarea con calma. Pequeñas diferencias entre las condiciones se refieren principalmente a la fatiga física y mental, que aparece ligeramente más pronunciada en el supermercado.

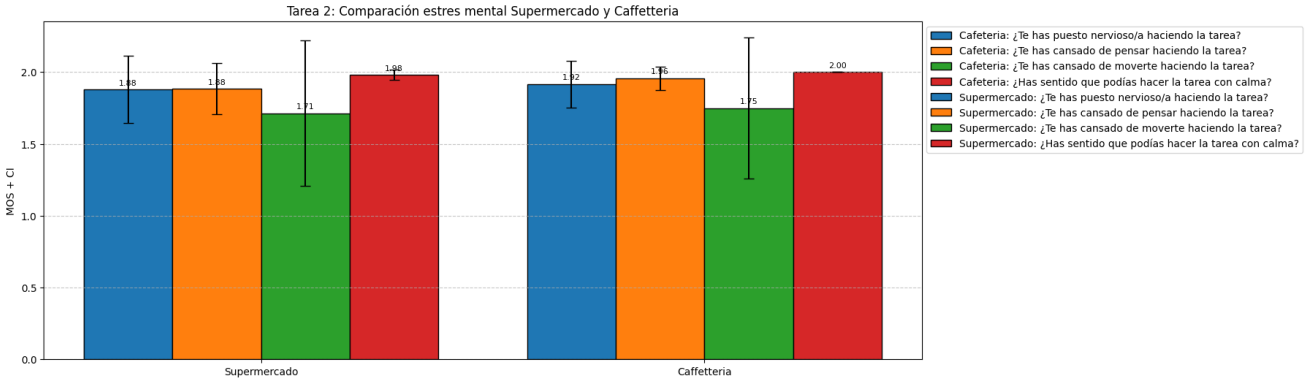



Figura 70: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la carga mental en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles.

Finalmente, se examinaron las preguntas con mayor variabilidad en las respuestas participante por participante, en función de los dos tipos de escenarios, presentados en la Figura 71.


© 2025 Nokia

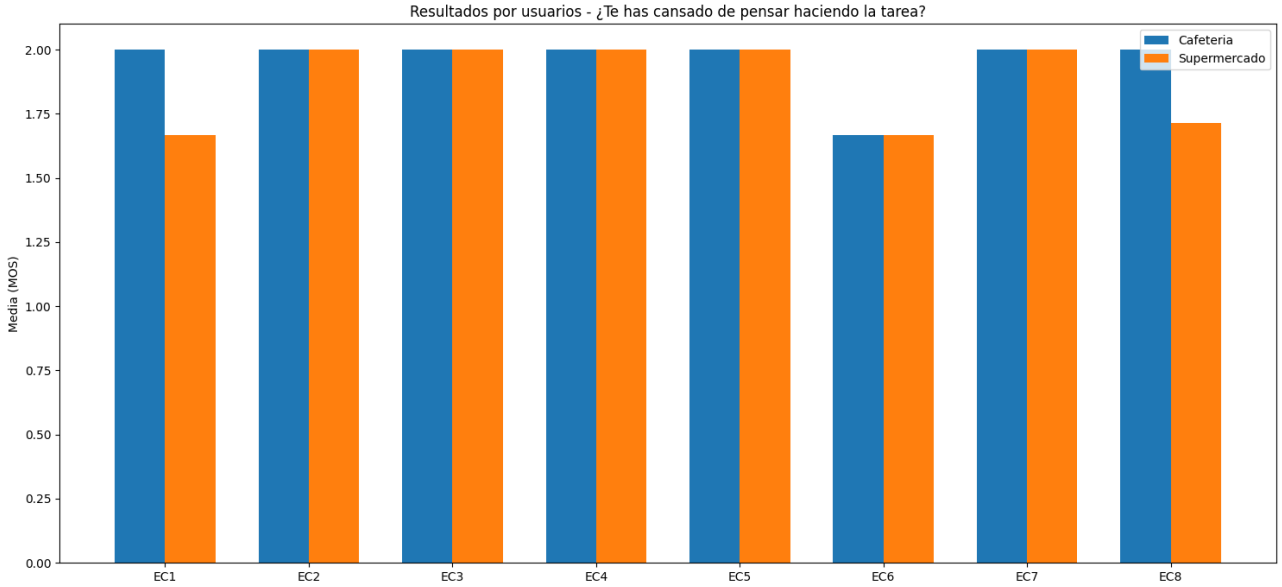



Figura 71: Valores de MOS de la pregunta "¿Te has puesto cansado haciendo la tarea?" en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).

En general, la mayoría de los usuarios y usuarias afirmaron que no se sentían especialmente cansados mientras realizaban la tarea, ya fuera en el supermercado o en la cafetería. Esto sugiere que, en general, la tarea no se experimentó como mentalmente agotadora. En algunos casos aislados, sin embargo, aparecen signos de mayor fatiga.

Algunos usuarios, como EC1, EC6 y EC8, informaron de momentos en los que se sentían más cansados, seguidos de sesiones en las que esta sensación desaparecía. Estas variaciones sugieren que la percepción de la fatiga puede depender de factores temporales o relacionados con la experiencia específica de esa sesión. En estos casos, como puede verse en la Figura 72 y la Figura 73, la sensación de fatiga parece haber sido limitada y discontinua, lo que indica una buena capacidad de recuperación cognitiva general durante la actividad.


© 2025 Nokia

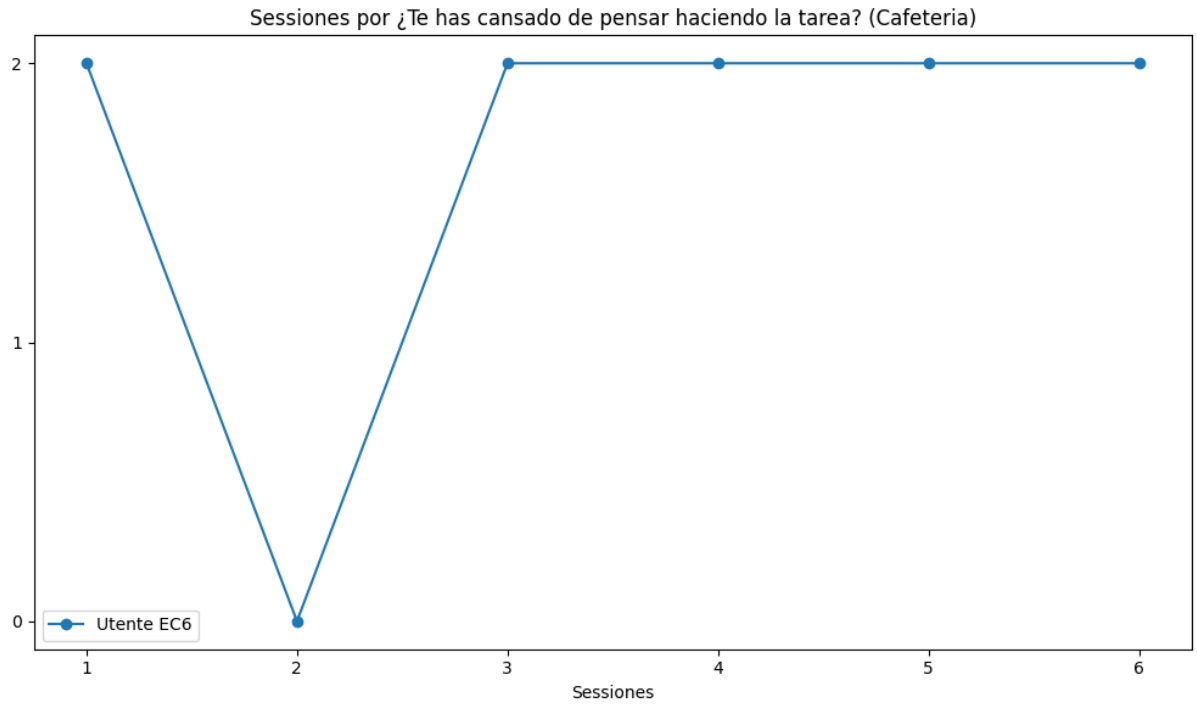



Figura 72: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?” (cafetería) en el participante EC6.


© 2025 Nokia

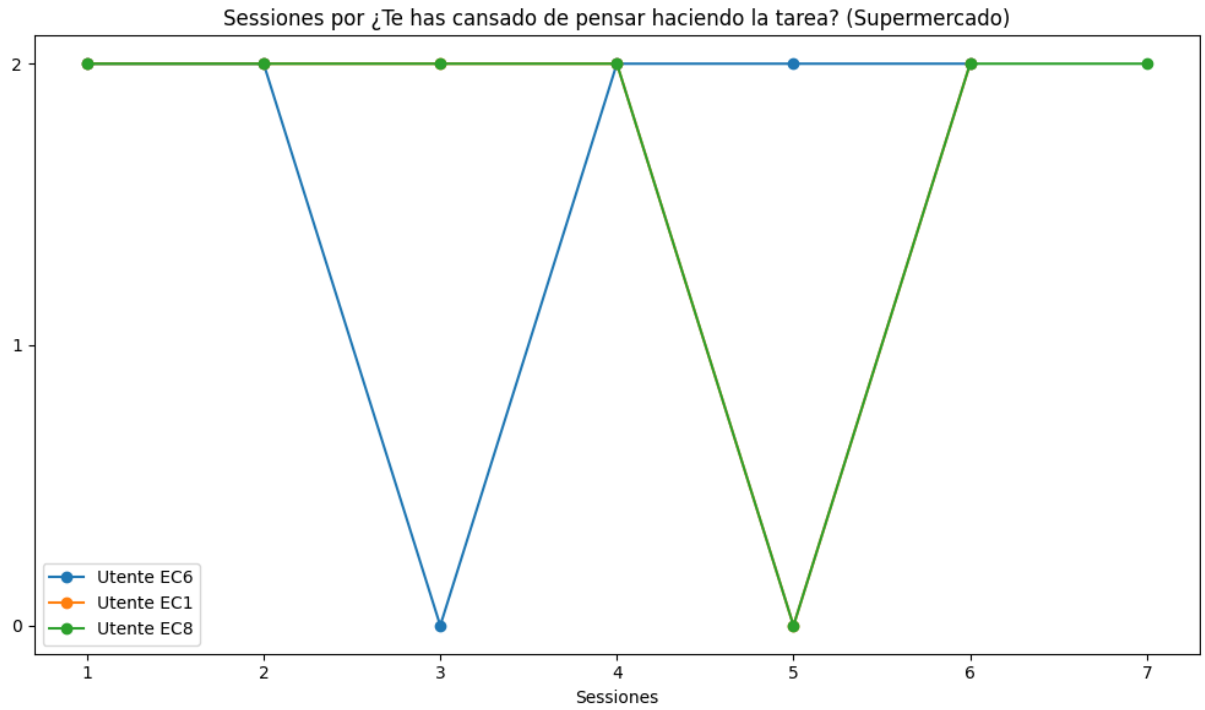



Figura 73: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?" (supermercado) en los participantes EC1, EC6 y EC8.

Incluso con respecto a la pregunta sobre una posible sensación de nerviosismo durante la tarea, la mayoría de los usuarios manifestaron una experiencia tranquila, sin signos evidentes de malestar emocional. En ambos escenarios, supermercado y cafetería, surge una percepción general de calma, como se observa en la Figura 74.


© 2025 Nokia

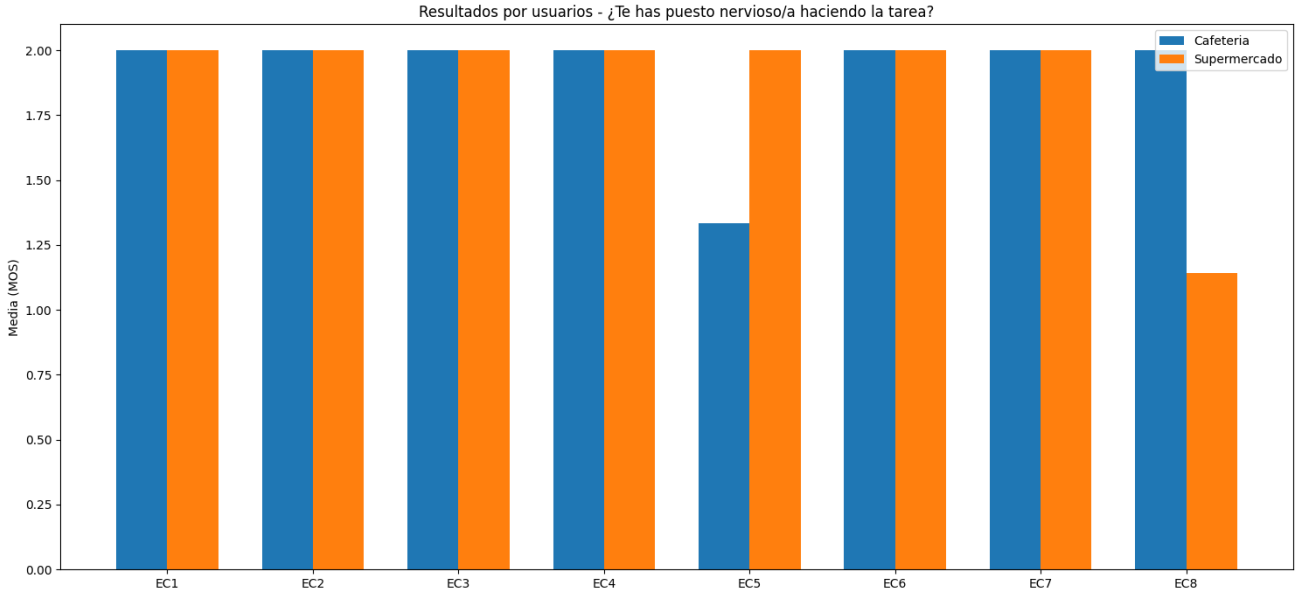



Figura 74: Valores de MOS de la pregunta "¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea?" en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).

Sin embargo, hay algunas excepciones: dos usuarios mostraron fluctuaciones significativas entre sesiones. En particular, EC5 mostró episodios de nerviosismo sólo en algunas sesiones dentro de la cafetería (ver Figura 75), mientras que EC8 mostró una tendencia similar en el escenario del supermercado (ver Figura 76). En cualquier caso, se trata de episodios aislados y discontinuos, que no cuestionan el cuadro general de una experiencia emocionalmente estable.


© 2025 Nokia

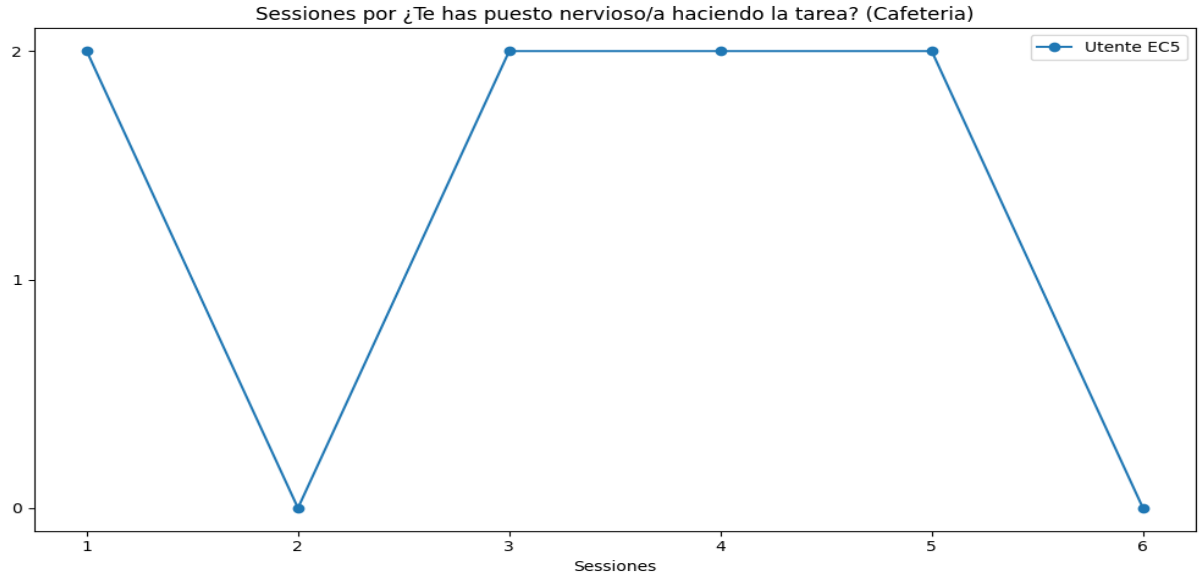



Figura 75: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea?" (cafetería) en el participante EC5.

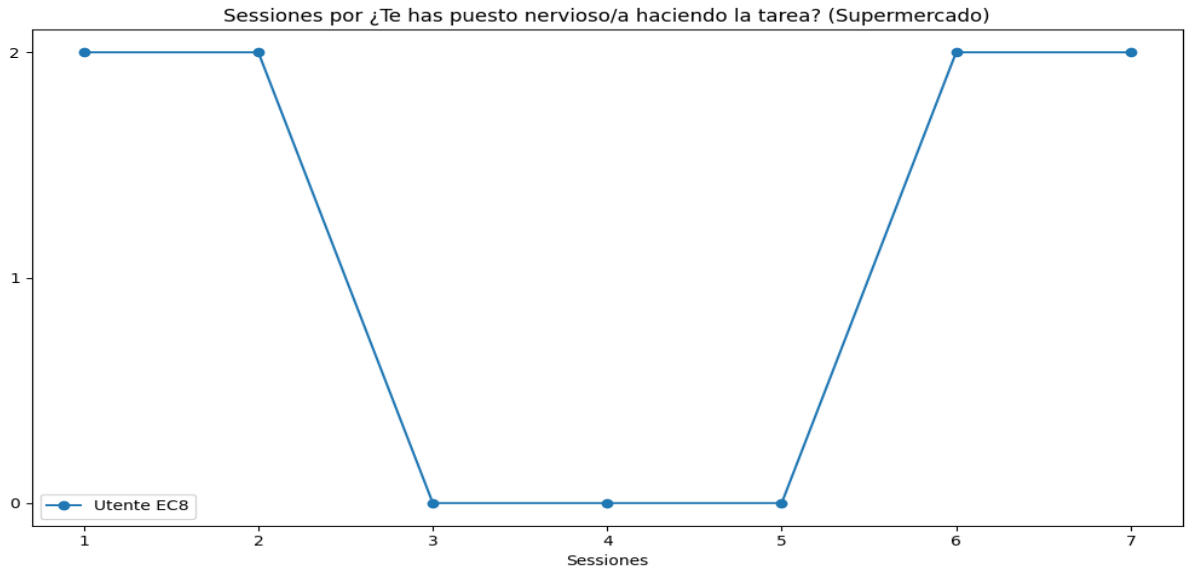



Figura 76: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea?" (supermercado) en el participante EC8.

En cuanto a la sensación de cansancio físico relacionada con el movimiento durante la actividad, las respuestas de los usuarios fueron en general muy positivas: casi todos


© 2025 Nokia

indicaron que no se cansaban, ni en el escenario del supermercado ni en el de la cafetería, tal y como se observa en la Figura 77.

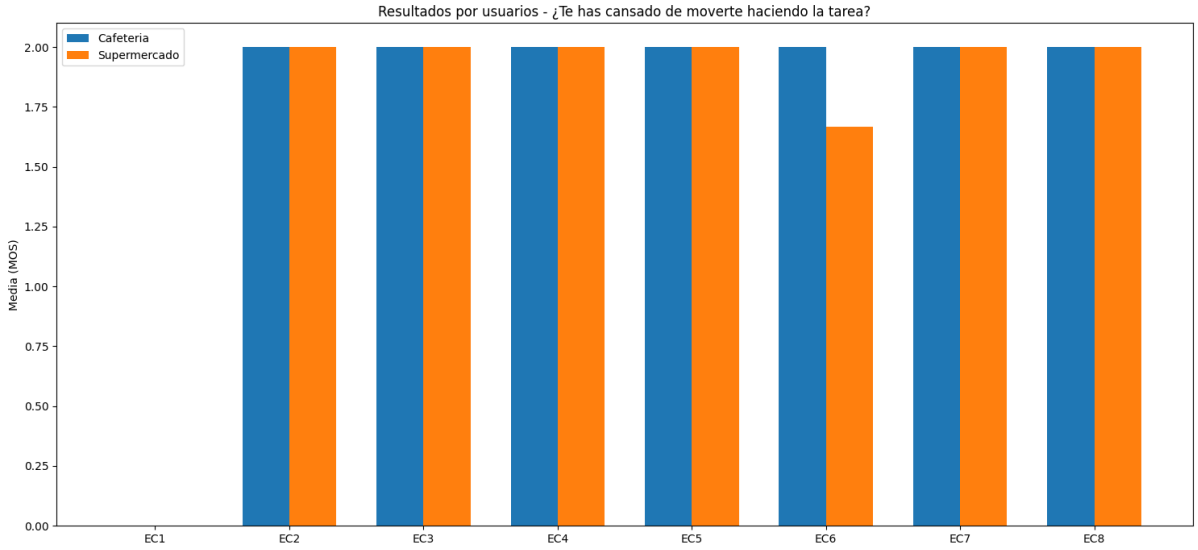



Figura 77: Valores de MOS de la pregunta "¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea?" en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).

Para EC1 y EC6, se analiza la Figura 78 teniendo en cuenta el escenario del supermercado, ya que EC1 mostró un patrón completamente estable e idéntico en ambos contextos, respondiendo siempre de la misma manera. Por lo tanto, el objetivo era comprobar si aparecía un patrón recurrente para el usuario EC6 a lo largo del tiempo. Sin embargo, tampoco en este caso se detectan tendencias claras: la sensación de cansancio varía entre sesiones sin seguir un patrón específico.


© 2025 Nokia

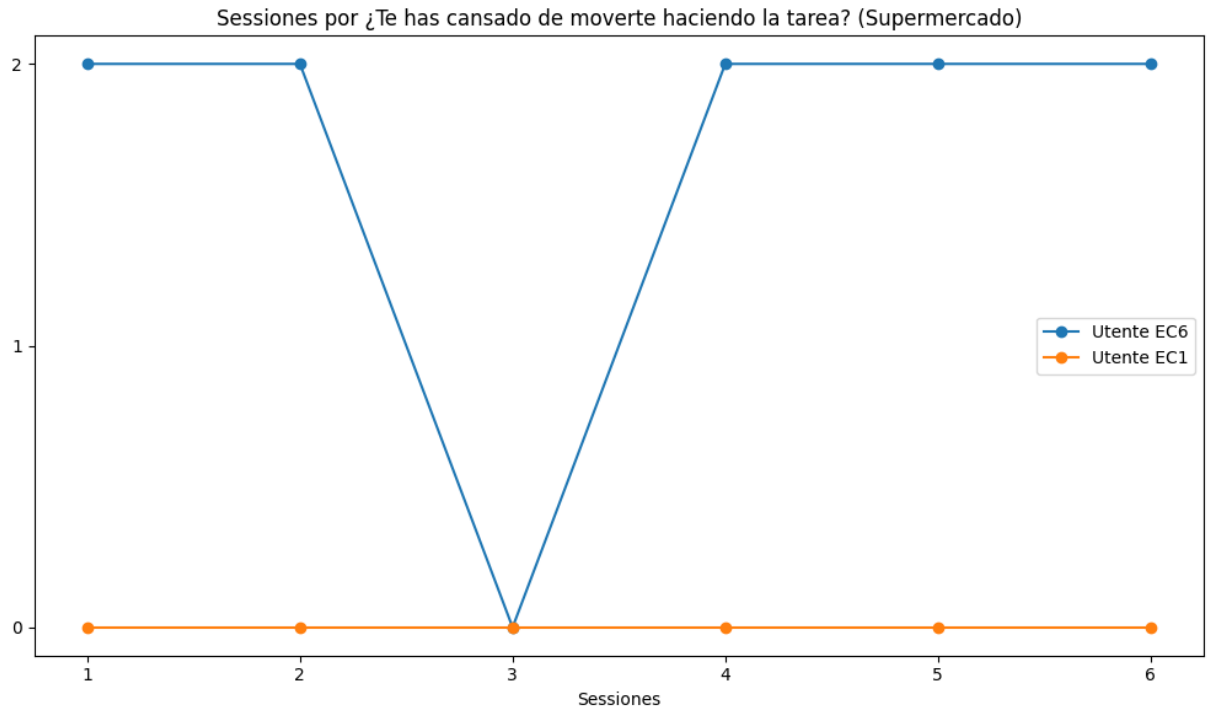



Figura 78: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea?" (supermercado) en los participantes EC1y EC6.

Como se presenta en la Figura 79, casi todos los usuarios (97,9%) declararon no haber experimentado ninguna sensación de mareo o malestar durante la Tarea 2, lo que sugiere que la experiencia fue en general estable y bien tolerada desde el punto de vista físico. Sólo un pequeño grupo (2,1%) informó de episodios de incomodidad, que por tanto parecen ser casos completamente aislados. Estos datos confirman que la interacción con el entorno virtual, en esta fase del curso, no generó efectos secundarios significativos, lo que indica una buena accesibilidad física y usabilidad del sistema para la mayoría de las personas participantes. Además, los resultados mejoran con respecto a la Tarea 1, lo que sugiere que haber realizado primero la primera tarea favoreció una adaptación progresiva a la tecnología para la siguiente tarea.


© 2025 Nokia

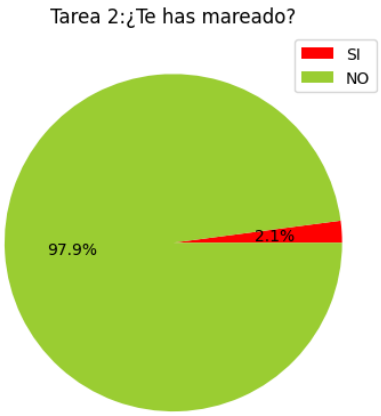



Figura 79: Diagrama de sectores que muestra el porcentaje de respuestas “sí” y “no” a la pregunta “¿Te has mareado?” en la Tarea 2.

**Tarea 2 - Experiencia subjetiva:**

- Evaluación de los resultados por tarea en los dos escenarios:

En general, la experiencia en la cafetería se percibió de forma muy positiva. Todas las preguntas presentaron puntuaciones muy altas y coherentes en los seis niveles, tal y como se puede ver en la Figura 80. Las personas participantes indicaron que se sentían cómodas, reconocían bien el espacio y realizaban la tarea con facilidad. Sólo en un par de


© 2025 Nokia

casos se observan descensos muy leves, especialmente en la pregunta: ¿Cómo has hecho la tarea?.

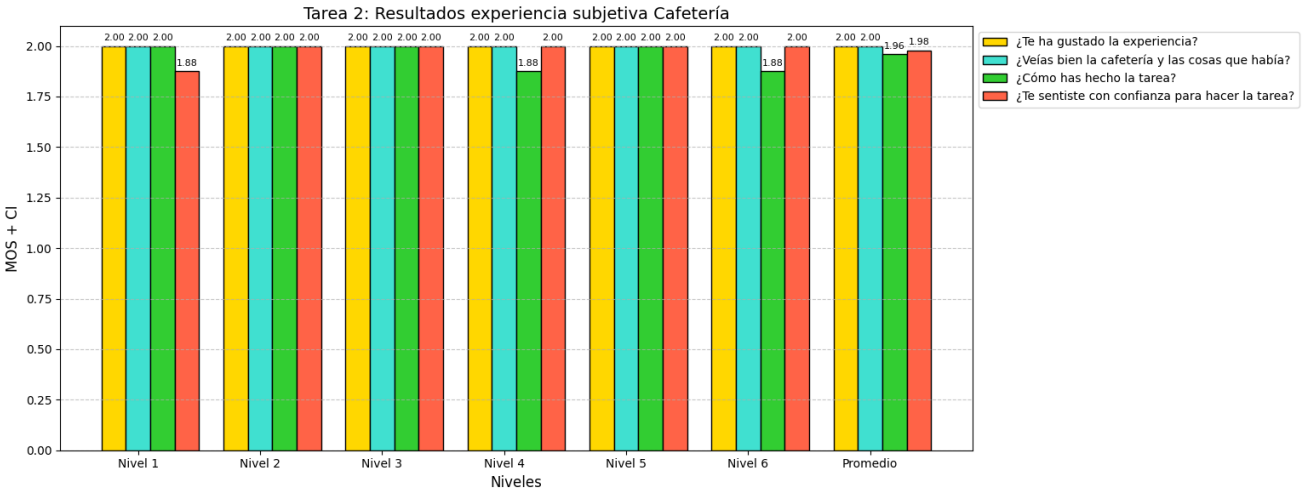



Figura 80: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la experiencia subjetiva en la Tarea 2 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

Para el escenario del supermercado, las valoraciones también son en general muy altas, lo que indica una percepción globalmente positiva (ver Figura 81). Sin embargo, en comparación con la cafetería, se aprecian algunas ligeras variaciones en los niveles medios (especialmente


© 2025 Nokia

en el nivel 5), donde las respuestas relativas a la visibilidad, la tarea y la seguridad muestran un pequeño descenso a pesar de las altas evaluaciones.

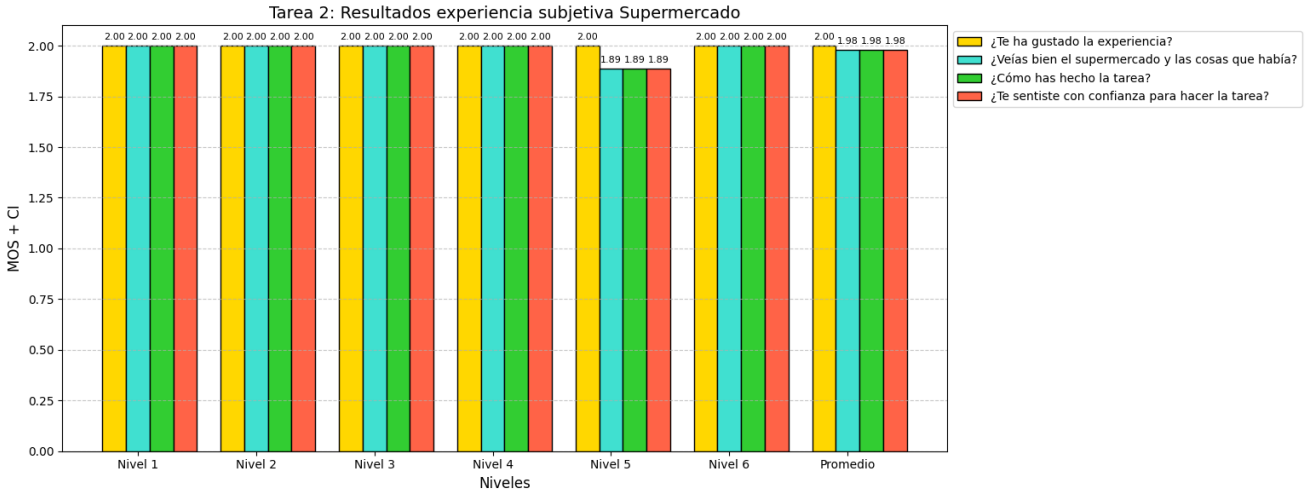



Figura 81: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la experiencia subjetiva en la Tarea 2 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

La Figura 82 muestra una comparación directa de los dos escenarios resultando en que la experiencia fue positiva en ambos casos, pero ligeramente más consistente en la cafetería con respecto a las evaluaciones relativas a la claridad visual, y ligeramente más consistente en el supermercado con respecto a la forma en que se realizó la tarea.

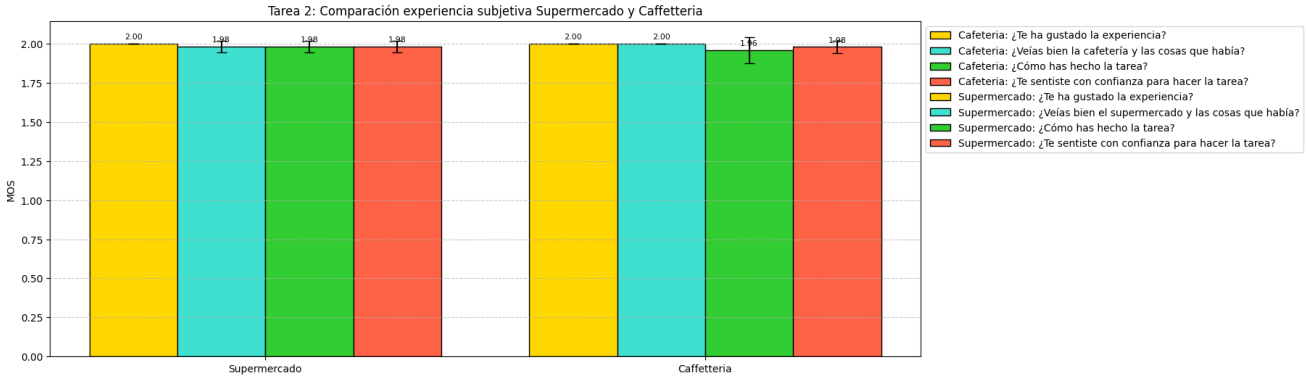



Figura 82: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la experiencia subjetiva en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles.


© 2025 Nokia

La mayoría de las personas participantes realizaron la tarea con facilidad en ambos escenarios (ver , demostrando una buena comprensión de las instrucciones y dominio de las acciones requeridas.

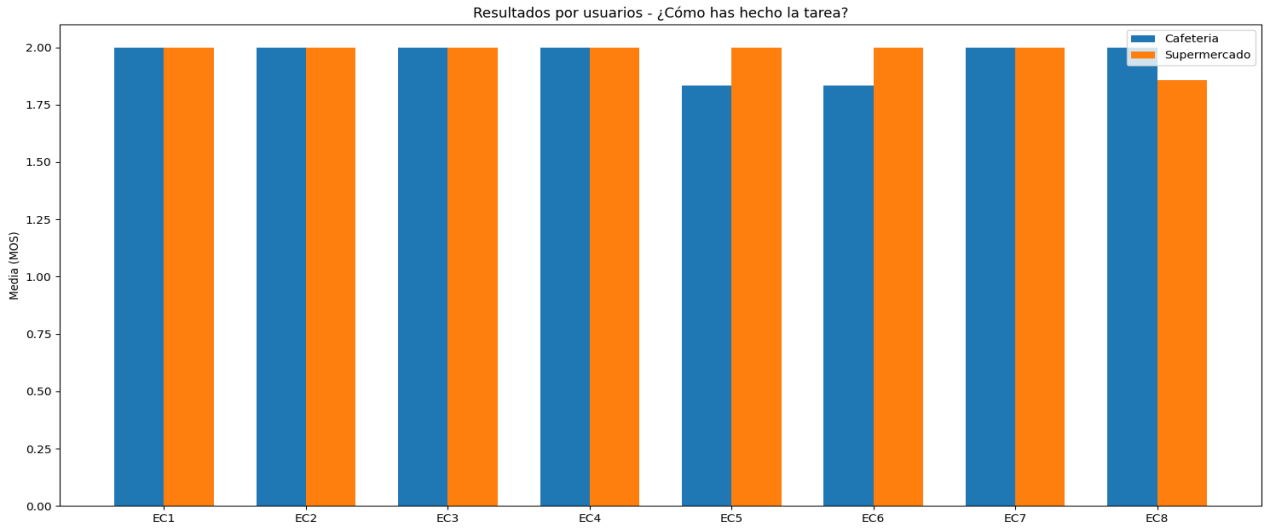



Figura 83: Valores de MOS de la pregunta "¿Cómo has hecho la tarea?" en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).

En el análisis individualizado de las sesiones, se observa que:

- Los usuarios EC6 y EC8 mostraron un empeoramiento puntual en su percepción sobre la realización de las tareas en las sesiones 4 y 5 respectivamente (ver Figura 84 y Figura 85). Estas variaciones fueron puntuales pueden estar relacionadas con factores circunstanciales propios de cada sesión.
- El usuario EC5 manifestó una ligera dificultad en el escenario de la cafetería, probablemente relacionada con la complejidad específica del nivel más difícil de la tarea (ver Figura 84Figura 85).


© 2025 Nokia

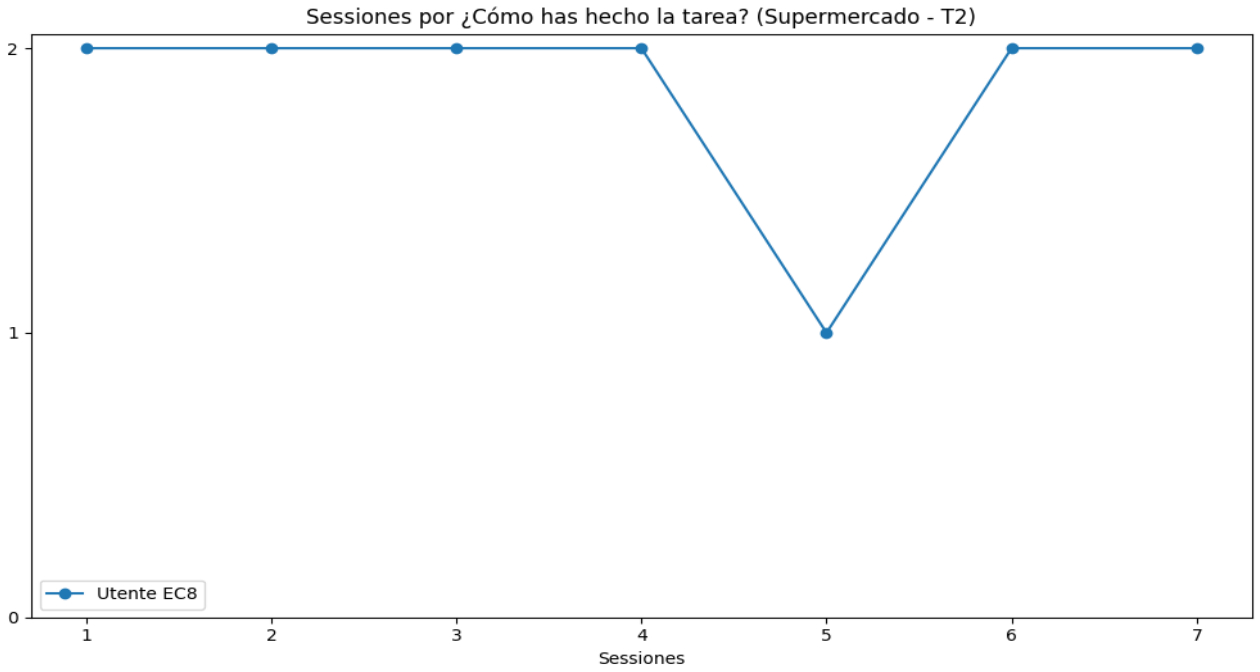



Figura 84: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Cómo has hecho la tarea?" (supermercado) en el participante EC8.

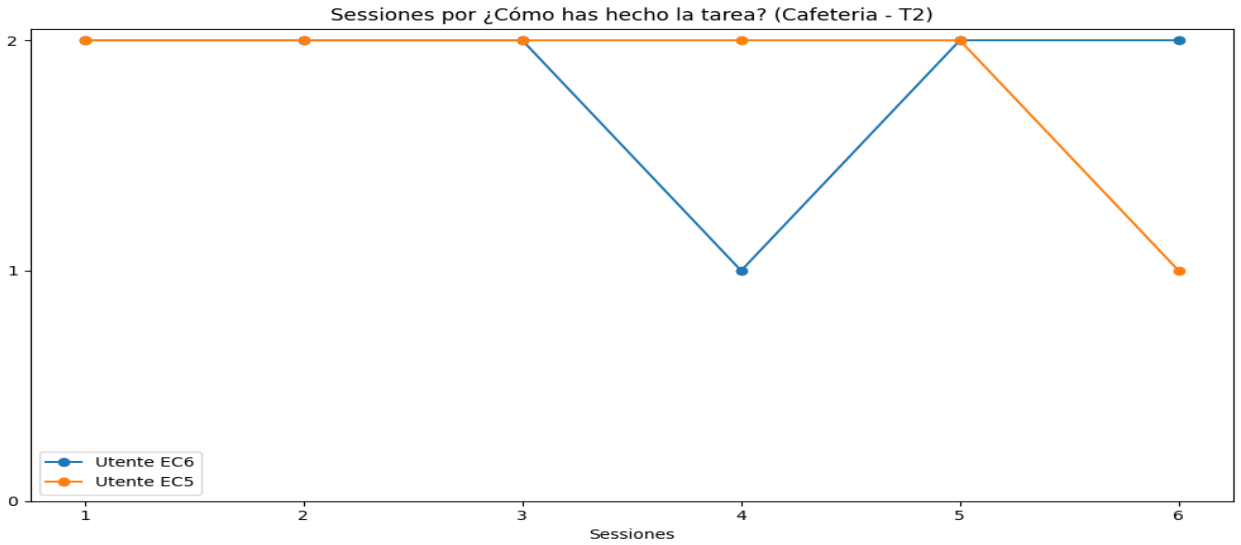



Figura 85: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Cómo has hecho la tarea?" (cafetería) en los participantes EC5 y EC6.

**Tarea 2 – Usabilidad:**


© 2025 Nokia

En el escenario de la cafetería, la experiencia de usabilidad fue en general positiva, tal y como se presenta en la Figura 86. En casi todos los niveles, la pregunta sobre la facilidad para coger objetos recibió puntuaciones ligeramente más bajas que las otras dos dimensiones. La comprensión de la tarea también muestra un ligero descenso en uno de los niveles, lo que sugiere que no a todos los usuarios les quedó claro de inmediato lo que tenían que hacer.

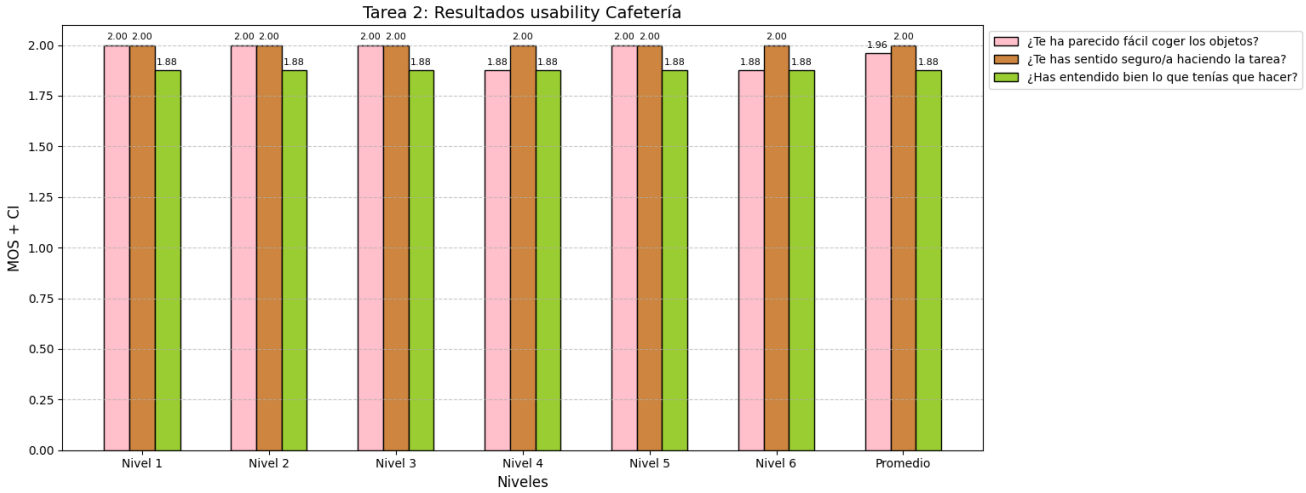



Figura 86: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la usabilidad en la Tarea 2 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

En el supermercado la usabilidad fue valorada positivamente en casi todos los niveles (ver Figura 87). Sin embargo, el nivel 5 es una excepción: aquí se produce un claro descenso en


© 2025 Nokia

las respuestas a las tres preguntas, sobre todo en la facilidad para coger objetos, que es la dimensión más frágil también en los demás niveles.

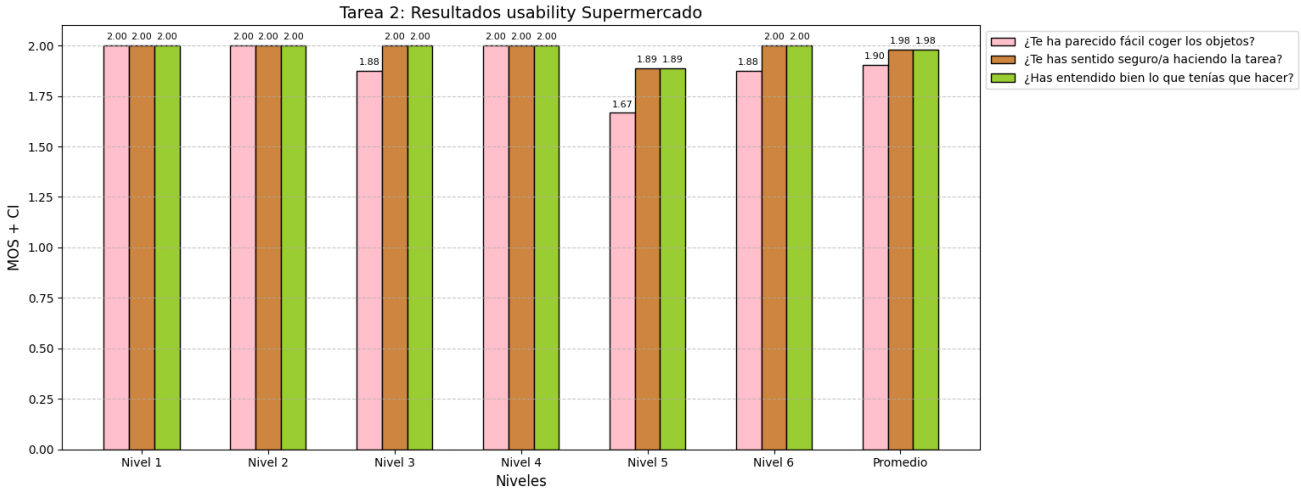



Figura 87: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la usabilidad en la Tarea 2 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles.

La comparación de los dos entornos, tal y como se presenta en la Figura 88, muestra que ambos escenarios fueron percibidos como utilizables. En general, el supermercado obtuvo puntuaciones medias más altas en la comprensión de la tarea. La cafetería, en cambio, mostró valores más bajos en la claridad de las instrucciones.

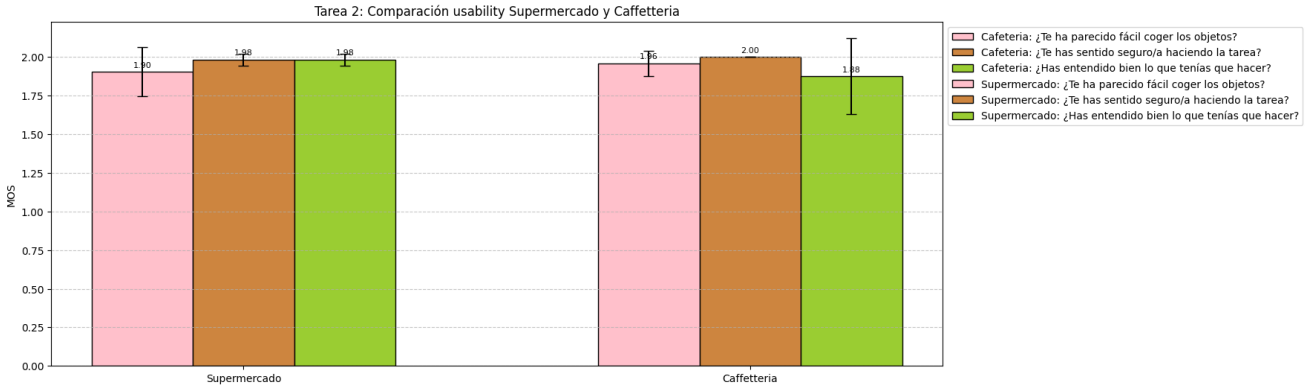



Figura 88: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la usabilidad en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles.


© 2025 Nokia

La Figura 89 muestra que casi todos los usuarios (96,9%) no experimentaron ninguna molestia al llevar las gafas XR durante la Tarea 2, y sólo una pequeña minoría (3,1%) manifestó alguna molestia. En comparación con la Tarea 1, los valores mostraron una mejora. Esto se debe a que los participantes realizaron primero la Tarea 1 y luego la Tarea 2, lo que indica una mayor adaptación a la tecnología y un aumento en la familiaridad con el uso del dispositivo.

Figura 89: Diagrama de sectores que muestra el porcentaje de respuestas “sí” y “no” a la pregunta “¿Te han molestado las gafas?” en la Tarea 2.

En un análisis más detallado de las preguntas individuales para cada participante, se puso de manifiesto que EC4, EC5, EC6 y EC8 tenían dificultades para coger objetos, sobre todo en el escenario del supermercado (ver Figura 90).


© 2025 Nokia

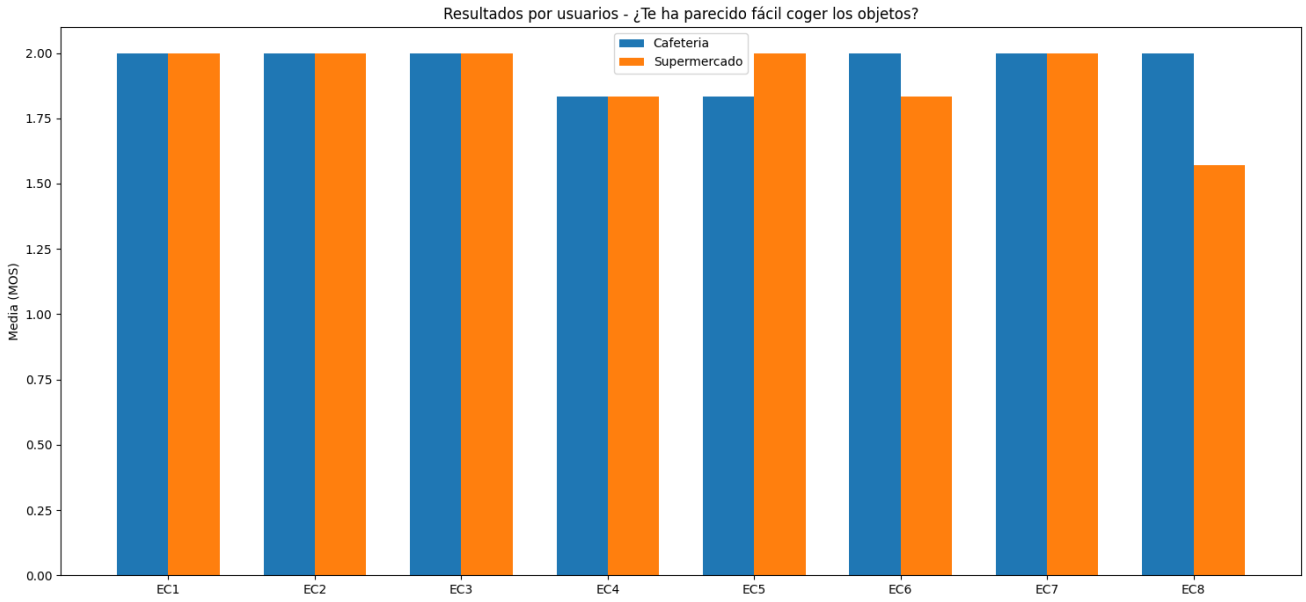
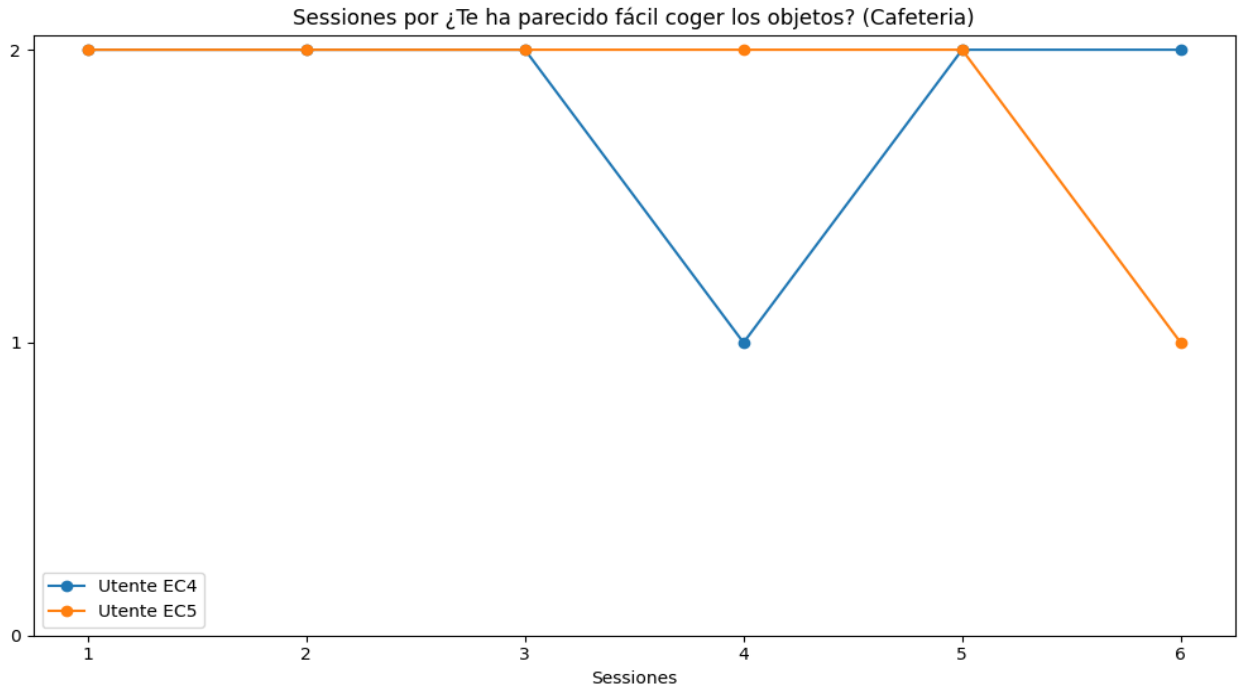



Figura 90: Valores de MOS de la pregunta "¿Te ha parecido fácil coger los platos?" en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).

En general, no surge un patrón constante de adaptación a la tecnología, las fluctuaciones parecen estar más relacionadas con la variabilidad de los niveles que con un proceso de aprendizaje lineal, especialmente en EC5 en la cafetería (ver Figura 91, Figura 92).


© 2025 Nokia




.

Figura 91: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Te ha parecido fácil coger los objetos?” (cafetería) en los participantes EC4 y EC5.


© 2025 Nokia

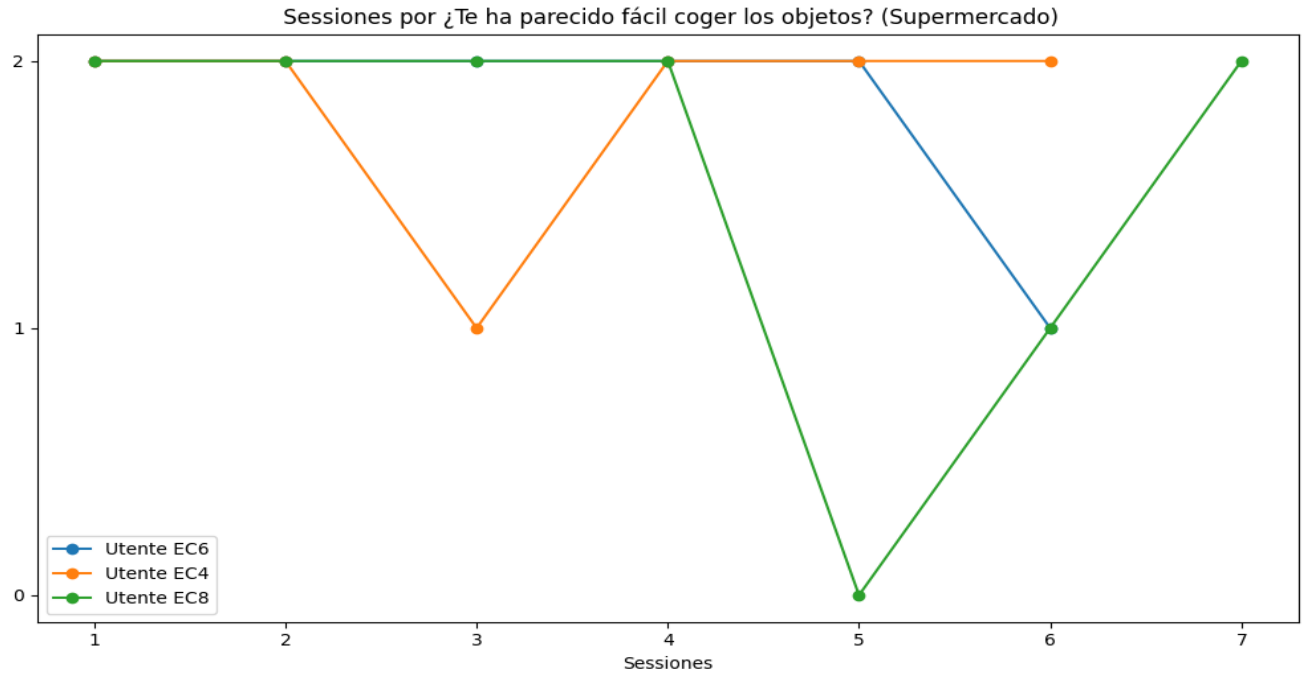



Figura 92: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te ha parecido fácil coger los objetos?" (supermercado) en los participantes EC4, EC6 y EC8.

La mayoría de los usuarios afirman haber entendido bien qué hacer tanto en el escenario de la cafetería como en el del supermercado. Sin embargo, surgen algunas diferencias individuales, sobre todo en la cafetería, donde usuarios como EC4, EC6 y EC8 informan de


© 2025 Nokia

puntuaciones más bajas. En particular, EC4 muestra el valor más bajo en general, lo que indica una marcada dificultad para comprender la tarea dentro de ese escenario.

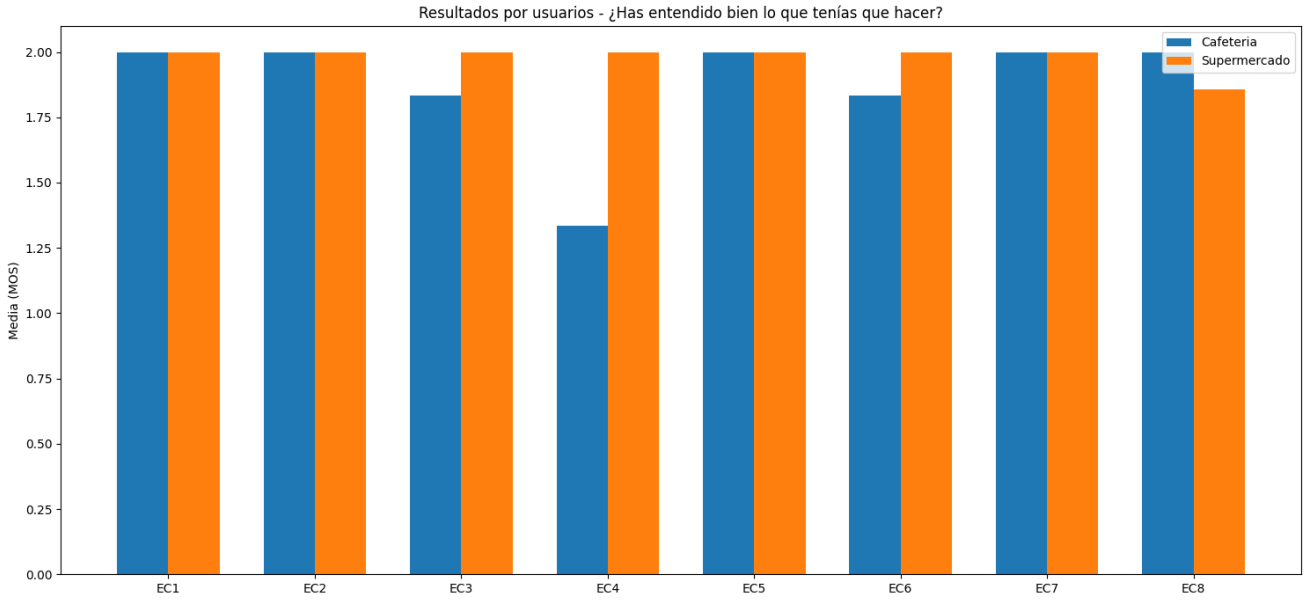



Figura 93: Valores de MOS de la pregunta "¿Has entendido bien lo que tenías que hacer?" en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).

La Figura 94 Figura 97muestra que el usuario EC6 presentó inicialmente algunas dificultades en la comprensión de la tarea en la cafetería. No obstante, a partir de la tercera sesión se observa una mejora clara, manteniendo respuestas positivas hasta el final de la actividad. De forma similar, el usuario EC3 refleja un proceso de adaptación progresiva, aunque comienza con baja compresión sobre la tarea en la primera sesión, ya en la segunda demuestra una comprensión clara de la tarea, que se mantiene estable en las sesiones posteriores. Estos resultados sugieren que la experiencia acumulada a lo largo de las sesiones contribuye a reforzar la comprensión de la tarea. La Figura 95 indica que el usuario EC8, en el escenario del supermercado, presentó una falta puntual de comprensión en la quinta sesión, mostrando nuevamente una comprensión adecuada en la sesión siguiente. Este comportamiento corresponde a un episodio aislado y no a una dificultad generalizada.

En contraste, el usuario EC4 muestra una disminución en la comprensión a partir de la tercera sesión en el escenario de la cafetería (ver Figura 94), sin llegar a recuperar un entendimiento


© 2025 Nokia

claro de la tarea hasta el final de las sesiones de entrenamiento. En este caso, no se identifica un proceso de adaptación progresiva, sino una dificultad persistente sobre la claridad respecto a la tarea realizada.

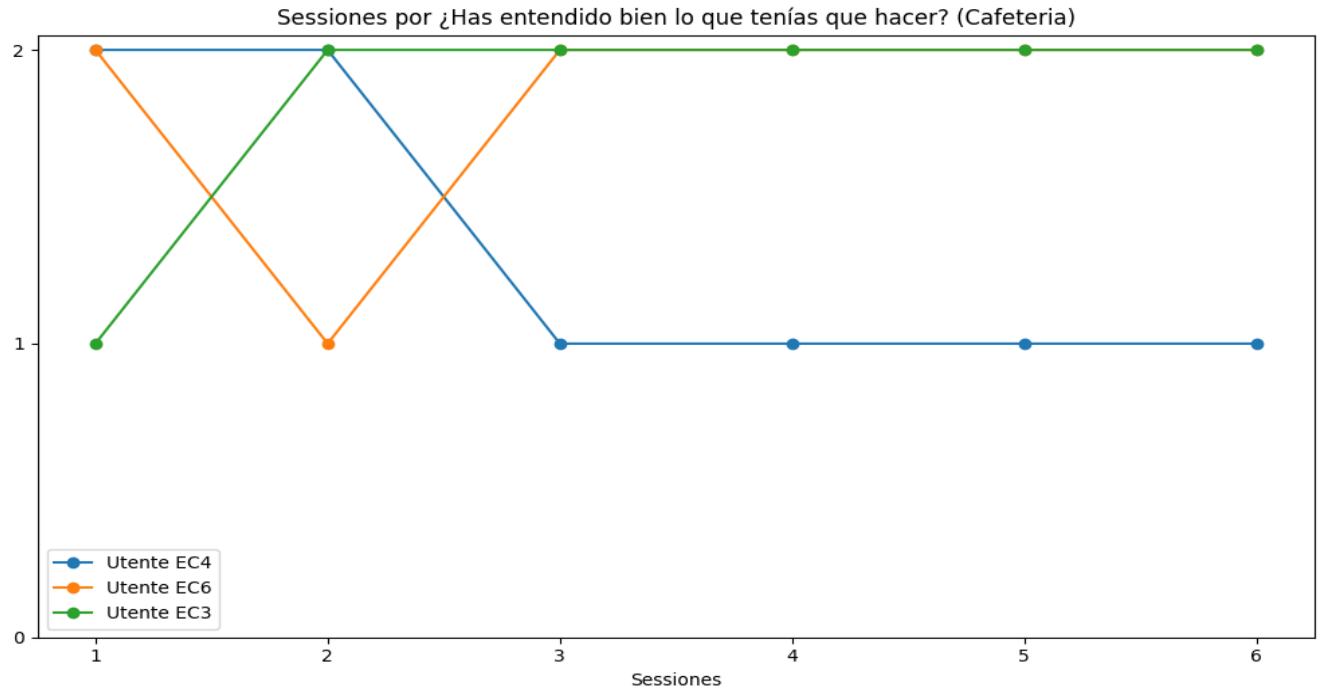



Figura 94: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Has entendido lo que tenías que hacer?" (cafetería) en los participantes EC3, EC4 y EC6.


© 2025 Nokia

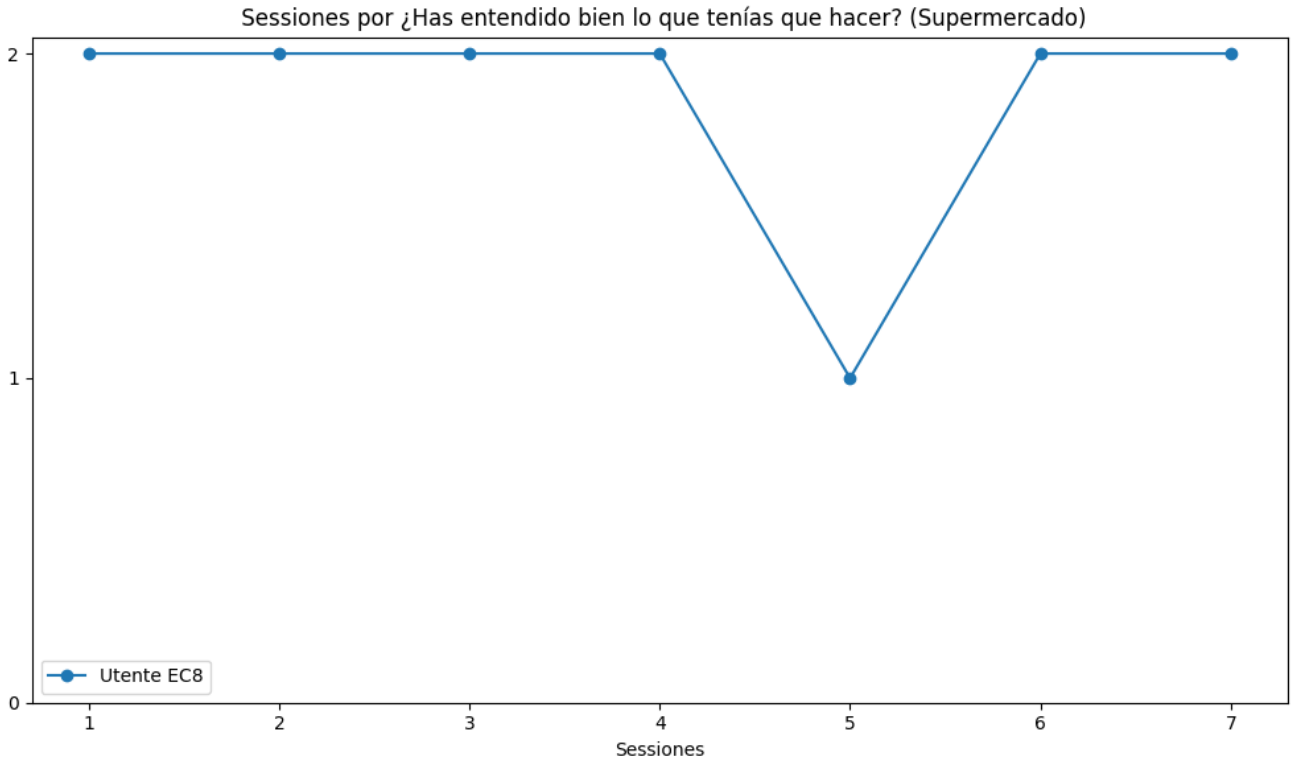



Figura 95: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Has entendido lo que tenías que hacer?" (supermercado) en el participante EC8.

### 3.4.2 Entrevistas y audios

Se ha realizado un análisis cualitativo utilizando los audios recogidos durante las sesiones desde la interfaz de la terapeuta y las entrevistas finales. Los audios fueron transcritos y revisados para corregir errores gramaticales o transcripciones incompletas.

Para el análisis se ha empleado el método de análisis temático, siguiendo guías específicas [2]. El análisis temático es un método cualitativo que busca identificar y examinar patrones o temas recurrentes dentro de un conjunto de datos. Este enfoque permite organizar y describir la información en detalle, al mismo tiempo que ofrece una interpretación más profunda de los significados presentes. Su flexibilidad lo hace aplicable a distintos marcos teóricos y epistemológicos, lo que lo convierte en una herramienta ampliamente utilizada en la investigación cualitativa.


© 2025 Nokia

Para apoyar este proceso, existen diversas plataformas como *NVivo*, *ATLAS.ti*, *Dedoose*, entre otras. En este análisis se utilizó *Dedoose*, cuya plataforma ofrece herramientas visuales interactivas que facilitan la exploración y presentación clara de los datos. Aunque *Dedoose* puede tener limitaciones al manejar grandes volúmenes de archivos, esto no representa un problema en nuestro caso, ya que contamos con pocos ficheros para analizar.

Esta herramienta permite segmentar los textos, asignarles códigos y organizar la información de manera sistemática. Posteriormente, los códigos se agruparon en subtemas y temas generales, facilitando la identificación de patrones y conclusiones relevantes sobre la experiencia de los participantes.

Del análisis surgieron tres temas principales:

- La adaptación a la tecnología y su impacto en el aprendizaje.
- Retos, apoyo y motivación en el aprendizaje a través de XR.
- Mejoras cognitivas y de habilidades al final del entrenamiento.
- Misceláneo.

La Figura 96 muestra un mapa mental con la organización de los temas con sub-temas y códigos. Estos temas se utilizarán para estructurar esta sección de resultados, ilustrando las experiencias tanto de los participantes como de las terapeutas con la tecnología, el juego XR y las mejoras cognitivas y de habilidades, incluyendo los retos, los apoyos y las estrategias para superar las barreras durante las sesiones. En los siguientes puntos, se van a definir todos los temas que fueron surgiendo.


© 2025 Nokia

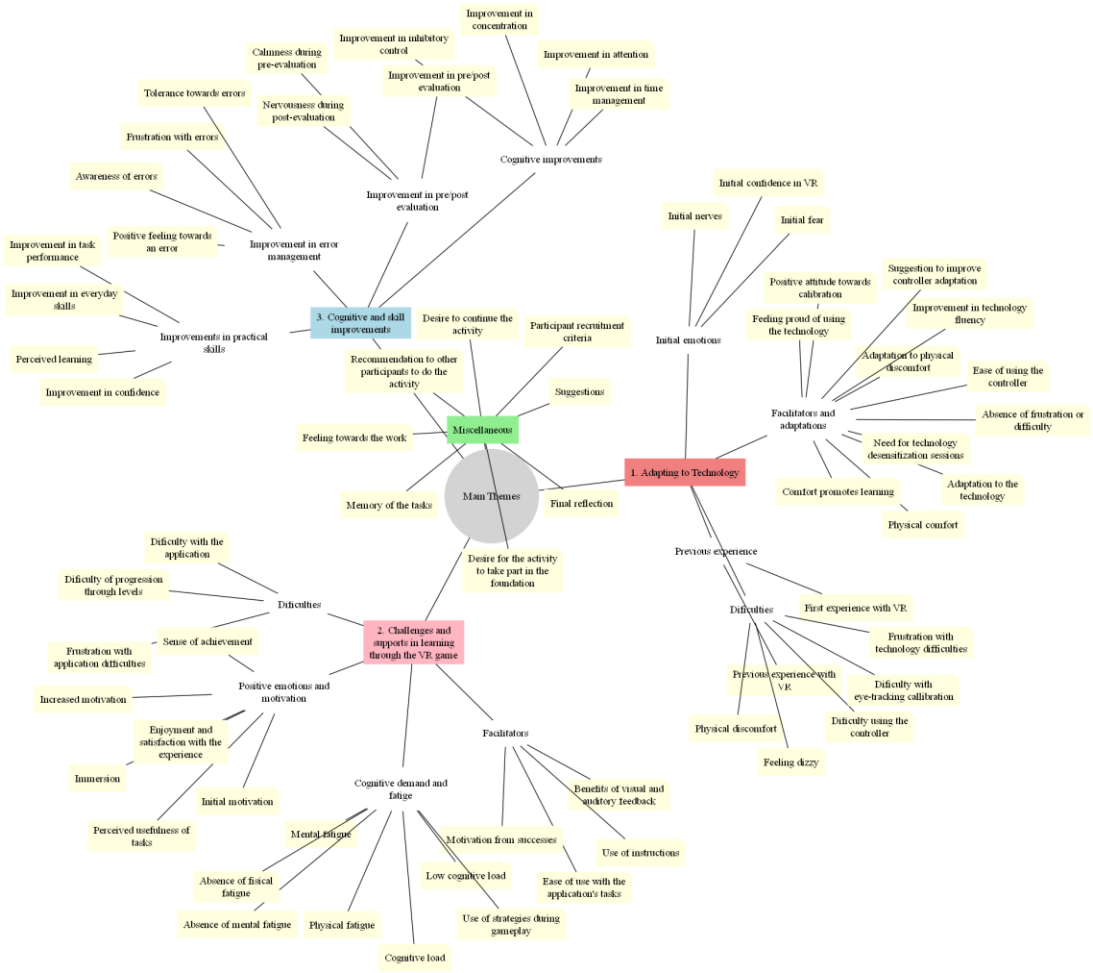



Figura 96: Mapa mental con la organización de temas, sub-temas y códigos.

## La adaptación a la tecnología y su impacto en el aprendizaje

La inclusión de sesiones de familiarización y entrenamiento, guiadas por terapeutas, fue esencial para que los participantes pudieran adaptarse a la tecnología XR.
El proceso de adaptación fue dinámico: comenzó con miedo o confianza, influenciados por la experiencia previa de los participantes; continuó con dificultades técnicas que en su mayoría fueron abordadas mediante adaptaciones; y terminó con una mayor comodidad y con sugerencias tanto de los participantes como de la terapeuta para mejorar la accesibilidad de la tecnología. Sin embargo, algunos aspectos han permanecido sin resolverse, por lo que hay que seguir trabajando en una tecnología accesible.
La mayoría de las adaptaciones fueron guiadas por la terapeuta durante las sesiones, quien


© 2025 Nokia

ayudaba cuando los participantes tenían problemas de incomodidad o de manejo de la tecnología.

La curva de aprendizaje de los participantes estuvo influenciada por su familiaridad con la tecnología, lo que hizo que las sesiones de familiarización resultaran esenciales. Las emociones más frecuentes entre los participantes fueron la motivación y la curiosidad. Un patrón recurrente fue que aquellos con experiencia en el uso de dispositivos similares, como videojuegos o exposiciones previas en RV, se mostraron más seguros y se adaptaron más rápidamente. En contraste, los participantes sin experiencia previa a menudo reportaron miedo durante su primera exposición a la RV y necesitaron sesiones adicionales de desensibilización, en ocasiones con apoyo físico guiado por los terapeutas. Por ejemplo, un participante en las primeras sesiones expresó: *«Tengo miedo»*, a lo que la terapeuta respondió: *«No te chocas, estate tranquilo [...]»*.

Durante el estudio identificamos barreras tecnológicas que afectaron el desarrollo de las sesiones. Las más comunes, especialmente en las primeras, fueron la incomodidad física con las gafas XR, dificultades con los mandos, mareos y problemas de calibración. Inicialmente, algunos participantes manifestaron mareo e incomodidad física: *«Al principio me mareaba y luego las gafas se me caía»*, *«Las gafas estaban demasiado apretadas por la parte de atrás»*. La dificultad más frecuente entre los participantes fue el uso de los mandos, lo que a menudo generó frustración. La terapeuta señaló que algunos participantes aprendieron a manipular objetos a lo largo de las sesiones, mientras que otros necesitaron ayuda hasta el final de la terapia. Estas dificultades quedaron reflejadas en las grabaciones de las sesiones, donde se observó que muchos participantes al inicio necesitaban apoyo para coger productos. En las entrevistas, los participantes describieron su experiencia con los mandos de la siguiente manera: *«Bueno, fue un poco complicado»*, *«El dedo, el control del dedo para coger cosas»*. La terapeuta también informó que los errores de calibración fueron otra fuente de frustración, especialmente al comienzo de las sesiones, ya que provocaban retrasos en el inicio y confundían a los participantes.

Para afrontar estas dificultades, tanto participantes como terapeutas recurrieron a diferentes formas de adaptación. Según la terapeuta, las sesiones de desensibilización y entrenamiento ayudaron a superar los obstáculos. Una percepción común entre los


© 2025 Nokia

participantes fue que su opinión sobre la tecnología cambió tras las adaptaciones. Respecto al mareo, un participante explicó: *«Al principio, cuando me las quitabas, sí, me sentí un poco mareado, pero luego ya no»*. Sobre los mandos, otro comentó: *«Un poco difícil al principio, pero luego le cogí el truco y estuvo bien»*. En relación con la incomodidad física, otro participante señaló: *«Sí, cambió mi opinión [...] Bueno, ya no me molestaban»*. Asimismo, se introdujeron adaptaciones técnicas, como proporcionar barras separadoras para un usuario con gafas o ajustar la sujeción de las gafas XR. En palabras de la terapeuta: *«Lo primero es estar cómodo y tolerarlos, para que después realizar las actividades que se requieran»*.

La adaptación no solo tuvo consecuencias técnicas, sino también emocionales. Una sensación común entre los usuarios, después de las adaptaciones, fue el orgullo de usar la tecnología. Un participante expresó: *«Bueno, estoy contento, estoy ilusionado»*. Este sentimiento de orgullo favoreció una mayor implicación con la tecnología y un mejor aprendizaje. Una opinión compartida fue que la comodidad promueve el aprendizaje, como señaló un participante: *«Sí, es importante estar cómodo para trabajar bien»*.

Aunque se lograron mejoras en la comodidad y en la fluidez, persistieron algunos retos, especialmente relacionados con los mandos. En una interacción, la terapeuta preguntó a un participante: *«¿Y cómo crees que podríamos hacerlo más fácil?»*. El participante respondió: *«Pues prestando más atención, ¿no?»*. A lo que la terapeuta contestó: *«Bueno, quizá también simplificando los controles. A veces el cambio no siempre está en ti, sino en hacer la tecnología más sencilla»*. Este diálogo pone de relieve la importancia de adaptar la tecnología a los participantes, y no solo de que los participantes se adapten a la tecnología.

Sin embargo, no todas las barreras tecnológicas pudieron resolverse durante las sesiones. Un participante con discapacidad auditiva no lograba escuchar claramente las instrucciones de las tareas a través de las gafas XR, lo que obligaba a la terapeuta a repetirlas en voz alta para asegurar la comprensión.
Otro participante, que usaba gafas, experimentó incomodidad al utilizarlas con las gafas XR. Como resultado, la terapeuta decidió que se las quitara durante las sesiones, aunque esto afectó a su rendimiento en el juego y le generó confusiones en la identificación de productos. Por ejemplo, en una sesión confundió un pimiento con un tomate, lo que dio lugar al siguiente


© 2025 Nokia

intercambio:
*«¿Qué es eso?»*, *«Un tomate»*, *«Ah, un tomate. [...] ¿Son tomates esos?»*, *«Estos son pimientos, los de al lado son tomates»*.
En otro caso, un participante con daltonismo también se vio afectado, ya que la distinción entre productos dependía de su color, lo que en ocasiones le generó confusión durante las tareas.

Retos, apoyo y motivación en el aprendizaje a través de XR

A medida que avanzaban, los participantes se fueron dando cuenta del incremento en la dificultad de los niveles y de los desafíos específicos a los que se enfrentaban, como recordar los productos o desenvolverse en tareas complejas. El uso de retroalimentación visual y auditiva inmediata, incluyendo tildes verdes para las acciones correctas y cruces rojas para los errores, les ayudó a reconocer fallos, ganar confianza y ajustar su comportamiento. Las instrucciones estructuradas fomentaban que hicieran una pausa y escucharan antes de actuar, promoviendo la concentración y reduciendo la impulsividad.
La naturaleza inmersiva de los entornos virtuales hizo que las actividades se sintieran realistas, motivando a los participantes a implicarse plenamente y a percibir las tareas como significativas. Con frecuencia, asociaron su rendimiento con resultados en la vida real, como prepararse para un futuro empleo. Con el tiempo, los participantes reportaron disfrute, satisfacción y una sensación de logro a medida que avanzaban en los niveles, reforzando tanto su autoconfianza como su deseo de seguir aprendiendo.

Los participantes fueron conscientes del aumento de dificultad en los niveles. Por ejemplo, uno comentó: *«[Las tareas eran] muy fáciles, pero el problema es que los niveles 5 y 6 son bastante complicados».* De manera similar, durante una sesión, otro señaló: *«Bueno, el nivel 3 es un poco complicado».* Más notable aún, identificaron los retos específicos a los que se enfrentaban. Por ejemplo, muchos usuarios informaron que las tareas en el supermercado eran más difíciles que las de la cafetería. A la pregunta *«¿Hubo algo que te resultó más difícil?»*, dos participantes respondieron respectivamente: *«Quizá el supermercado [fue más difícil], buscaba cosas pero no las encontraba.»*, *«El supermercado.»* Otro participante destacó una dificultad específica: *«Recordar los productos [fue difícil], seguía confundiendo*


© 2025 Nokia

*las botellas [en las tareas del supermercado]».* Además, las sesiones en el supermercado requirieron más intervención de la terapeuta en comparación con las de la cafetería. La complejidad de las tareas influyó tanto en el rendimiento de los participantes como en la necesidad de apoyo.

La terapeuta señaló que el uso de retroalimentación auditiva y visual fue un factor importante para los participantes. En un escenario de la vida real, la retroalimentación de los errores rara vez es inmediata y la de los aciertos es aún más inusual. Tener una marca de verificación o una cruz que aparecía en pantalla ayudaba a los usuarios a correlacionar sus acciones con elecciones correctas o incorrectas, mejorando así su aprendizaje. La terapeuta comentó: *«Yo también pienso que, por ejemplo, una de las cosas que les ha resultado muy beneficiosas es la introducción de la retroalimentación visual y auditiva. [...] Les ayudó a darse cuenta de sus errores. [...] Que es lo que estos perfiles suelen carecer, la capacidad de reflexionar sobre sus propios fallos.»*

Asimismo, la terapeuta observó cambios en la impulsividad de los usuarios durante las sesiones. Específicamente, los participantes lograron aprender a esperar para escuchar las instrucciones antes de intentar la tarea. *«[...] tener las instrucciones les facilitó mucho las cosas. [...] Les sirvió como un entrenamiento en la impulsividad, normalmente tienden a actuar sin escuchar o por impulso. Aquí tenían la rutina de que no podían empezar la actividad hasta haber escuchado la instrucción.»*, explicó la terapeuta.

Una observación clave durante las sesiones fue el papel de la terapeuta en el apoyo a los participantes a lo largo de las tareas. Su ayuda fue relevante cuando los participantes se bloqueaban en un nivel, cometían un error o necesitaban motivación. Por ejemplo, la terapeuta ofreció orientación cuando un participante estaba bloqueado y dijo: *«No lo encuentro»*. La terapeuta respondió: *«Es para gatos, ¿verdad? [...] mira por allí porque lo de los gatos está por allí, cerca.»* En situaciones de error, la terapeuta ayudaba a los participantes a entender el motivo. En una sesión, por ejemplo, explicó: *«El error fue porque las pinturas de colores vienen en cajas de 6 y de 12, así que tienes que fijarte, ¿vale?»*. La terapeuta también ofrecía refuerzo positivo ante los aciertos: *«Vamos a por la fase 3. Lo estás haciendo muy bien»*, *«Muy bien, [nombre del participante], vas a pasar el nivel súper rápido»*.


© 2025 Nokia

Los participantes se sintieron inmersos en los entornos y con frecuencia expresaron lo realistas que parecían los escenarios. Por ejemplo, uno dijo: *«Parece una hamburguesa de verdad; me dan ganas de comérmela.»*, mientras que otro relacionó los escenarios con lugares reales: *«Estoy en Rodilla.»* [cadena de restaurantes] o *«Estoy en Mercadona.»* [cadena de supermercados]. Esta sensación de inmersión hizo que algunos se sintieran como si realmente estuvieran trabajando allí: *«Me sentí como un camarero.»*, comentó un participante. Además, permitió que las actividades se percibieran como divertidas e interesantes: *«Me gustó la sensación del juego; sentí como si estuviera dentro del restaurante.»*, *«Parece un restaurante real. Me gusta este restaurante. Me gustaría trabajar aquí.»* Esta sensación de inmersión funcionó como una fuerte motivación para completar las actividades, no solo porque las encontraban divertidas e interesantes, sino también porque percibían que completarlas los acercaba un paso más a conseguir un empleo. La terapeuta añadió: *«Lo que creo que más les gustó fueron los escenarios realmente realistas. [...] Como los escenarios eran tan realistas, lo veían como un entrenamiento con el objetivo futuro de encontrar un trabajo.»* Además, la sensación de estar inmersos en un entorno realista, junto con la capacidad de la realidad virtual para eliminar la mayoría de las distracciones externas, contribuyó a mantener un alto nivel de concentración durante las actividades. *«Hacerlo en un mundo virtual tiene muchos beneficios porque, al estar completamente inmersos, no se distraen con otros estímulos visuales o auditivos, como cuando trabajan de forma tradicional o en un ordenador. Aquí están completamente metidos en la escena, lo que les ayuda mucho a concentrarse.»*

Otro factor importante que ofrece la formación en XR es que los participantes pueden aprender a su propio ritmo, sin las repercusiones que tendría en la vida real. La terapeuta explicó: *«[...] la XR es beneficiosa porque, por ejemplo, [...] en un supermercado real si se te cae una botella tiene consecuencias — se rompe. Pero aquí [en la realidad virtual], no.»* Además, entrenar a personas con estos perfiles puede ser frustrante, ya que a menudo es necesario repetir muchas veces lo mismo. En un empleo real, tardar demasiado o cometer errores puede ser problemático y hacer que el usuario se sienta menos seguro y cómodo en el proceso de aprendizaje. Como señaló la terapeuta: *«Normalmente tienen mucho miedo de cometer errores, y en este entorno [de realidad virtual] pueden equivocarse sin*


© 2025 Nokia

*consecuencias en el mundo real, más allá de que aparezca una cruz en la pantalla. Esto les ayuda a ganar confianza».*

De hecho, la retroalimentación visual de las cruces rojas y los ticks verdes pareció tener un efecto positivo en la motivación. Algunas personas participantes tuvieron dificultades al principio para comprender qué significaba la cruz roja o por qué aparecía, preguntando, por ejemplo: *«¿Qué ha pasado?»*. Tras algunas sesiones aprendieron y comenzaron a reaccionar a las cruces con expresiones como *«¡Ay no!»*, llegando finalmente a corregir su comportamiento antes de cometer errores: *«Ah no, me estaba equivocando. No es esta leche, es la otra.»* La terapeuta comentó: *«El tick verde y la cruz roja [...] les hicieron ser conscientes de sus aciertos y errores, y eso les motivó a seguir».* De hecho, las personas participantes compartieron sus emociones al ver la retroalimentación. Por ejemplo, una dijo: *«[Cuando aparecía el tilde verde me sentía] muy feliz, emocionada.»* Otra, al notar muchos aciertos en un nivel, comentaba: *«Muy bien, estoy haciendo muy buen trabajo.»*

Por último, los niveles funcionaron como un potenciador de la motivación: las personas participantes se sentían realizadas al completarlos y su autoconfianza se reforzaba. Como señaló la terapeuta: *«Ellos se veían progresando, y eso les motivaba cada vez más. De hecho, cuando llegaron al nivel 6 me dijeron: "¿Ya no hay más? Quiero seguir."»* Cabe destacar que algunas personas vincularon el progreso en los niveles con el objetivo de conseguir un empleo en el futuro. Por ejemplo, una expresó: *«Si llego al nivel 10, encontraré un trabajo en el futuro, lo pondré en mi currículum.»*

En general, la motivación aumentó de manera considerable con el tiempo, lo que indica que el juego resultó divertido, interesante y útil para las personas participantes. La terapeuta señaló: *«Creo que [su motivación] ha ido creciendo porque han ido ganando autoconfianza.»* y *«Bueno, esto [el hecho de que quieran continuar en las actividades] no es solo algo que yo perciba, es que realmente me están pidiendo que les apunte para septiembre, y además, se lo están contando a sus compañeros.»*

Esto se reflejó en lo que dijeron las personas participantes tanto durante las sesiones —por ejemplo: *«Está muy guay. El año que viene quiero apuntarme también.»*, *«¿Puedo hacer más tareas de la cafetería ahora? Me ha gustado mucho.»*, y después de finalizar la sesión: *«No pensé que me iba a gustar tanto, pero sí, me gusta, sí.»* o *«[Me gustaría que esta actividad]*


© 2025 Nokia

*pasara a formar parte de la rutina diaria del centro, que la incorporemos, por ejemplo, como un taller más, como tantos otros que tenemos».*

Mejoras cognitivas y de habilidades al final del entrenamiento.

Mientras que los temas anteriores se centraron en la adaptación a la tecnología y en los retos, apoyos y motivación en el aprendizaje a través del juego, un objetivo clave de este estudio fue explorar las mejoras en las habilidades cognitivas y prácticas tras las sesiones de entrenamiento. Tanto las personas participantes como la terapeuta notaron cambios que incluían mejoras en la atención, la concentración, el control inhibitorio, la gestión del tiempo, el desempeño de tareas y la forma de afrontar los errores. El entrenamiento regular en entornos inmersivos condujo a mejoras cognitivas en la capacidad de las personas participantes para realizar tareas del mundo real con mayor independencia y confianza.

Durante la entrevista, las personas participantes expresaron que habían aprendido cosas nuevas, especialmente en relación con el desarrollo de tareas en el supermercado y la cafetería. La terapeuta preguntó: *«¿Crees que has aprendido cosas nuevas?»*, y una persona respondió: *«Sí [...] en la cafetería y en el supermercado [...] poner los productos que me pedían, cómo pedir las cosas que querían, cómo cogerlas y ponerlas en su sitio.»* La terapeuta apoyó este sentimiento, enfatizando las claras mejoras en cómo desarrollaban las tareas y entendían los errores: *«He notado un cambio en la realización de tareas en el supermercado y en la cafetería. Aunque las sesiones se van haciendo más complejas a medida que avanzan, es cierto que cometen menos errores, hacen las cosas con más seguridad».*

Este progreso está vinculado a mejoras en habilidades cognitivas, especialmente en la atención y la concentración. En las entrevistas, cuando la terapeuta preguntó por la mejora, una persona participante comentó: *«Sí, me puedo concentrar mejor, y me ha servido mucho.»* Otra añadió: *«Me meto de lleno y ya está».* Una participante fue consciente de la mejora cognitiva al realizar una actividad diaria y, en respuesta a la pregunta de la terapeuta sobre cambios en la concentración durante las tareas cotidianas, contestó: *«Sí, estoy mejor en la clase de David. Haciendo tornillos, bolsas de papel [...]»*. Estas percepciones coincidieron con las observaciones de la terapeuta en las sesiones diarias, quien describió: *«Nos ha servido para entrenar la atención. Aquí hay un ejemplo: en el supermercado, cuando ya empezaban*


© 2025 Nokia

*con los niveles avanzados, había botellas de vino muy parecidas [...] pero luego incluso se les oía hablarse a sí mismos [...] "Tengo que fijarme en el verde de la botella"».*

La terapeuta también observó una mejora en el control inhibitorio en un aspecto de la vida diaria: *«[...] tenemos un participante que siempre llega tarde porque es muy impulsivo y hace lo que le apetece en el momento. Así que cuando pasa por la cafetería de la estación, siempre se para a comer algo. Un día le llamé la atención porque necesitaba asistir a sus sesiones a tiempo. [...] Lo que hizo después fue traer su desayuno a la sesión y ponerlo sobre la mesa. Cuando terminamos, se lo comió. Incluso le ofrecí la opción de comer antes de empezar si tenía mucha hambre, pero dijo que no — lo dejaría allí y lo comería después».* De manera más amplia, la terapeuta destacó que para personas con dificultades de atención y control inhibitorio, uno de los mayores retos diarios es la gestión del tiempo. Para apoyarlo, se estableció un horario semanal de sesiones. Al principio, las personas necesitaban recordatorios. Sin embargo, eso cambió con el tiempo. La terapeuta explicó: *«Empezaron a recordarlo por sí mismos. Si tenían sesión el martes a las 10, estaban esperando en la puerta. Y si yo me olvidaba o tenía una reunión, venían a buscarme: "Oye, ¿no teníamos sesión?"».*

Un aspecto importante que surgió en las entrevistas fue la evolución en cómo las personas participantes respondían ante los errores. En las primeras sesiones, algunas mostraban nerviosismo y frustración al equivocarse. Una persona dijo: *«Si aparece la cruz roja, me pongo nervioso [...] por eso me enfado.»* La terapeuta confirmó estas declaraciones: *«Creo que lo que más les estresaba aquí era cometer errores [...] se frustran mucho y a menudo abandonan la tarea porque se equivocan, se ponen nerviosos, no siguen las instrucciones [...]»*. Pero con el tiempo, la terapeuta observó que, al entrenarles en que estaba bien cometer errores, comenzaron a tolerarlos mejor. Una participante dijo: *«A veces me equivoco, pero no pasa nada, se puede repetir.»* Otra comentó: *«Cuando aparecía el tick verde... muy feliz, emocionada, buen trabajo [...] pero si fallas, un error, no pasa nada».*

Por último, estas mejoras también se reflejaron en las pruebas de evaluación posterior. En las entrevistas, todas las personas sintieron que habían mejorado en ellas. Incluso una participante vinculó el entrenamiento con la mejora en los tests de evaluación cognitiva: *«El casco me ayudó mucho con las fichas.»* Esto fue corroborado por la terapeuta, quien explicó sobre un participante: *«En la preevaluación, tachaba cosas impulsivamente y sin criterio, pero*


© 2025 Nokia

*en la evaluación post, se tomó su tiempo, prestando atención al detalle.»* De hecho, la terapeuta mostró los resultados a las personas participantes para que fueran conscientes de su evolución, lo cual les hizo sentirse muy orgullosos de sí mismos. Sin embargo, en las entrevistas también se descubrió cierta preocupación respecto a la evaluación final en algunas personas. La terapeuta señaló: *«Sí les dije que el objetivo era ver si las sesiones con las gafas habían mejorado su atención y más cosas. Y quizá estaban más nerviosos por ese objetivo [...] esta chica estaba comprobando si habíamos mejorado.»*

### 3.4.3 Métricas de rendimiento

De las métricas extraídas, un subconjunto mostró tendencias particularmente interesantes. En esta sección, presentamos solo los resultados promediados por usuario. La Figura 97, Figura 98, Figura 99 y Figura 100 muestran un resumen de los resultados de los cuatro juegos en XR. Los juegos se muestran en dos sub-gráficos: la tarea 1 a la izquierda y la tarea 2 a la derecha. Los colores indican el escenario en el que se desarrolló cada juego: azul para la cafetería y naranja para el supermercado. En cada figura, el panel izquierdo muestra la evolución de la métrica para Recoger platos sucios (C1) en azul y Reponer estantes vacíos (S1) en naranja; el panel derecho muestra la métrica para Servir pedidos (C2) en azul y Preparar pedidos online (S2) en naranja.

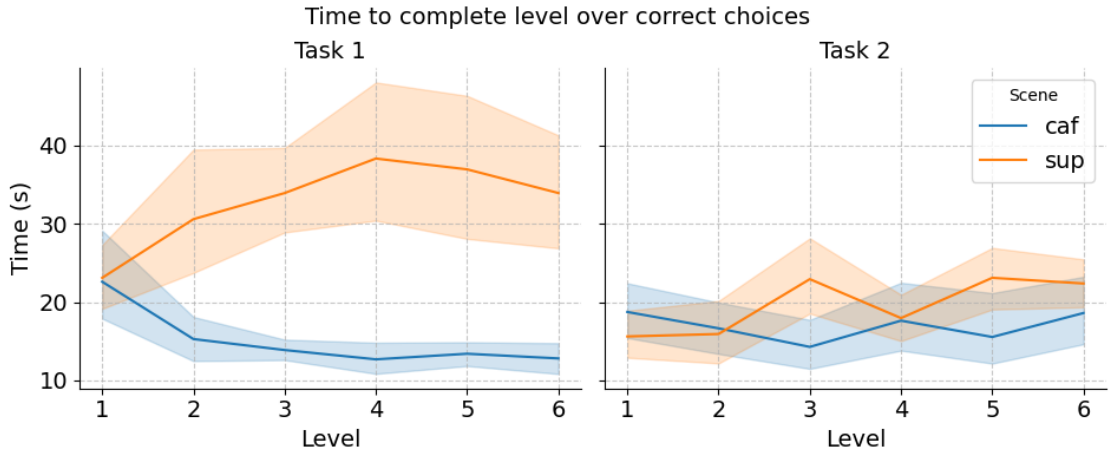



Figura 97: Tiempo empleado en completar un nivel sobre el número de respuestas correctas.


© 2025 Nokia

Figura 98: Errores por repetición.

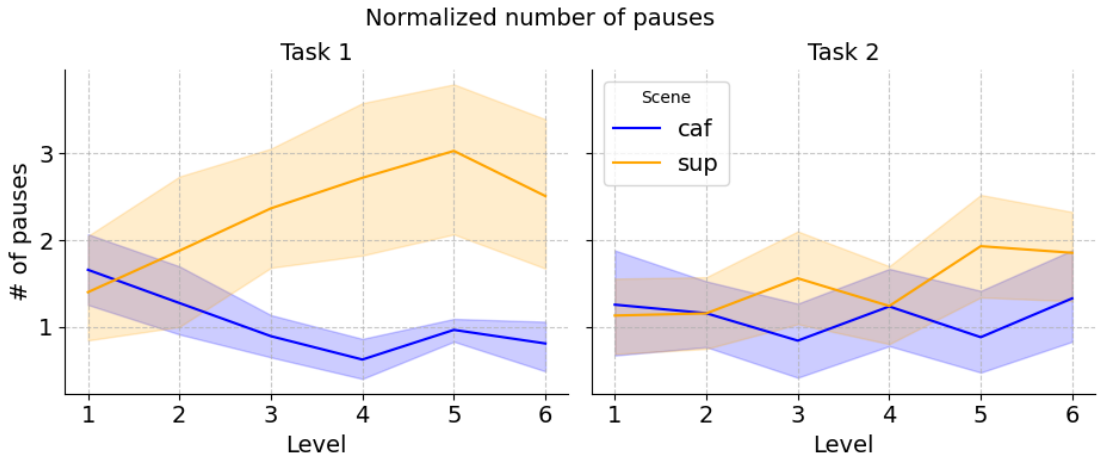



Figura 99: Número de pausas por repetición.


© 2025 Nokia

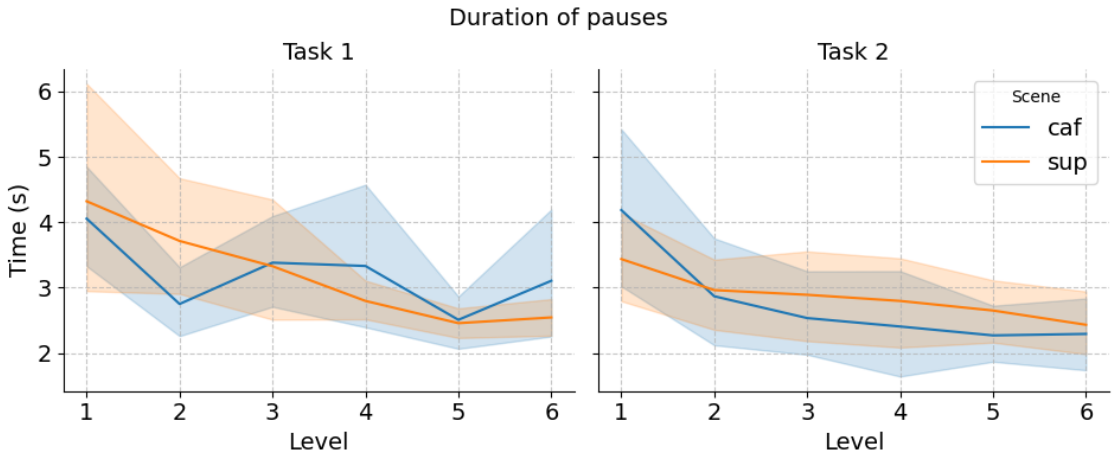



Figura 100: Duración de las pausas.

Tiempo

La Figura 97 muestra la evolución del tiempo necesario para completar un nivel en función del número de elecciones correctas.

En la primera tarea, se observa inmediatamente cómo los participantes mejoraron rápidamente en la cafetería, con una reducción drástica de los tiempos y una estabilización en el nivel tres. Por otro lado, en el supermercado, se produjo un aumento constante del tiempo durante los cuatro primeros niveles, antes de estabilizarse en un nivel constante. Estas tendencias pueden explicarse por las características específicas de cada escenario y tarea. La tarea de recoger platos sucios es muy repetitiva y tiene pocos objetos y estímulos; además, el escenario es sencillo y tiene pocos elementos que distraigan, lo que ayuda a los usuarios a discernir en qué objetos deben centrarse. En la tarea de reponer los estantes vacíos, los usuarios tenían que lidiar con muchos estímulos. Además, dado que los productos cambiaban y se movían de lugar, cada nuevo nivel requería que los usuarios aprendieran el nuevo entorno. Por último, cada nuevo nivel incluía un mayor número de elementos distractores. No obstante, los datos sugieren que el tiempo alcanza una meseta hacia el nivel cuatro.

En la segunda tarea, la tarea de servir pedidos tiene un tiempo muy estable en los distintos niveles. La tarea de preparar pedidos online también tiene un tiempo bastante estable, aunque muestra un ligero aumento a lo largo de los 6 niveles. Sospechamos que, dado que


© 2025 Nokia

estos juegos se jugaron en la segunda mitad del estudio, los usuarios ya habían aprendido los escenarios de la tarea 1, por lo que quedaba poco por aprender en la nueva tarea. En el juego del supermercado podemos observar dos pequeños picos en el tiempo en el nivel tres y en el nivel cinco, que es cuando los usuarios tenían que utilizar productos de una estantería más que en el nivel anterior. En la cafetería también hay un pico muy leve en el nivel cuatro, que es cuando se introducen en el juego productos de aspecto similar.

Número de errores

La Figura 98 muestra el número medio de errores por repetición para cada nivel.

En la tarea 1 se observan dos comportamientos muy diferentes entre el escenario de la cafetería y el del supermercado. En la cafetería, se produce una rápida disminución de los errores entre el primer y el tercer nivel, en el que ningún usuario cometió ninguno. Sin embargo, a partir del cuarto nivel, el número de errores aumenta. Esto refleja el aumento de la dificultad de los niveles cuatro a seis, en los que aparecen platos limpios y sucios en las mismas mesas y se introducen diferentes tipos de platos sucios. En cuanto al supermercado, el número de errores muestra una oscilación en torno a una media constante, lo que sugiere que los participantes se enfrentaron a un nivel similar de dificultad percibida en los distintos niveles.

En la tarea 2, tanto la cafetería como el supermercado comienzan con pocos errores en los primeros niveles y luego se caracterizan por un fuerte aumento en los niveles cuatro y cinco, respectivamente. En la cafetería, solo aparecerían alimentos de diferentes categorías al mismo tiempo hasta el tercer nivel (por ejemplo, pizza y hamburguesa), a partir del cuarto nivel los pedidos podrían incluir bebidas o alimentos similares (por ejemplo, hamburguesa y hamburguesa con queso). En el supermercado, el quinto nivel es cuando los usuarios también deben utilizar el tercer estante. Estos cambios en la dificultad de los dos escenarios parecen estar relacionados con el aumento de los errores.

Número de pausas y duración de las pausas


© 2025 Nokia

La Figura 99 y Figura 100 muestran la evolución del número de pausas y su duración en el tiempo.

En cuanto a la tarea 1, la Figura 99 muestra claramente dos tendencias opuestas. El número de pausas en el supermercado aumenta de forma constante hasta el quinto nivel, mientras que en la cafetería disminuye de forma constante hasta el cuarto nivel, tras lo cual aumenta ligeramente. Interpretando los resultados en el contexto del escenario específico, como se ha comentado anteriormente, en el supermercado el número de estímulos aumenta a lo largo de todos los niveles y esto se refleja en que los participantes se detienen más veces para evaluar su siguiente acción. En la cafetería, la tarea es repetitiva y los usuarios tienen menos estímulos que evaluar. Al comparar esto con la duración de las pausas en la Figura 100 obtenemos una imagen más clara. En el supermercado, la duración de las pausas disminuye de forma constante, lo que indica que, aunque los usuarios pueden detenerse más veces para mirar a su alrededor y pensar, el tiempo que necesitan para tomar decisiones es más corto. En la cafetería, el tiempo oscila en torno a una media estable a lo largo de los niveles; en este caso, los usuarios tenían pocas mejoras que hacer, ya que la tarea es más repetitiva. Es interesante observar cómo, en la cafetería, ninguna de las dos métricas se correlaciona claramente con los cambios en los niveles.

En la tarea 2, la Figura 99 destaca que, en ambos escenarios, el número de pausas se mantiene bastante estable, con un ligero aumento en el supermercado. En cuanto a la duración de las pausas, en ambos escenarios la métrica disminuye a lo largo de los niveles hasta alcanzar una meseta. La evolución de la duración de las pausas en los dos escenarios sugiere que los participantes aprendieron a tomar decisiones más rápidamente, independientemente de la dificultad de la tarea. Las tendencias del número de pausas indican que la tarea del supermercado era ligeramente más compleja y requería más pausas.

### 3.4.4 Seguimiento ocular

<u>Causas de las dificultades de calibración</u>

Como primer paso, se evaluó la distribución de calibraciones exitosas por usuario, ya que la terapeuta había observado que algunos presentaban más dificultades que otros.


© 2025 Nokia

En la Tabla 1 se resumen los resultados de este análisis, mostrando para cada usuario (identificado con un código) el número total de sesiones completadas, el porcentaje de calibraciones exitosas, el nivel o tipo de discapacidad y, en su caso, características específicas relevantes.

Tabla 1: Información de los participantes con su discapacidad, características relevantes y porcentaje de calibraciones exitosas.

| Usuario | Discapacidad | Sesiones | Calibraciones exitosas | Características |
|---|---|---|---|---|
| EC1 | Retraso Mental Leve | 24 | 0% | Disminución de la eficiencia visual |
| EC2 | Retraso Mental Leve | 24 | 20.8% | Disminución de la eficiencia visual por estrabismo |
| EC3 | Retraso madurativo | 24 | 37.5% | |
| EC4 | Retraso Mental Leve | 26 | 23% | Parálisis cerebral |
| EC5 | Retraso Mental Leve | 25 | 84% | |
| EC6 | Retraso Mental Leve | 24 | 91.6% | |
| EC7 | Retraso Mental Moderado | 24 | 45.8% | Disminución de la eficiencia visual |
| EC8 | Retraso Mental Leve | 24 | 100% | |

Nuestra primera hipótesis fue que las dificultades de calibración estaban relacionadas con la discapacidad de los usuarios, ya que en todos los casos esta afecta sus habilidades de atención. Dichas habilidades son necesarias para completar correctamente la calibración del eye tracker, que requiere seguir con la mirada un punto en movimiento a lo largo del campo visual.

Sin embargo, los resultados obtenidos sugieren que las mayores dificultades se asociaron con los usuarios que presentan una disminución en la eficiencia visual o, en el caso del usuario EC4, con un trastorno de coordinación ocular que le impide fijar la mirada con precisión, como se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2: Calibraciones exitosas por grupos de usuarios, con o sin impedimentos visuales.

| Grupo | Numero de sesiones | Calibraciones exitosas |
|---|---|---|
| Sin defectos visuales | 97 | 78.4% |
| Con defectos visuales | 98 | 22.4% |


© 2025 Nokia

Esta segunda hipótesis se contrastó mediante un análisis estadístico. Dado el reducido número de participantes y de sesiones, se empleó el Mann–Whitney U test como método de comparación no paramétrico. Para cumplir con el supuesto de independencia entre observaciones, se calcularon los porcentajes de calibraciones exitosas por usuario. Posteriormente, los usuarios se dividieron en dos grupos:

- participantes sin dificultades visuales,
- participantes con disminución de eficiencia visual o problemas de coordinación ocular.

Cada grupo estuvo compuesto por cuatro usuarios. La prueba estadística arrojó los siguientes resultados: $U = 1$, $p = 0.0571$. El valor de U refleja una diferencia sustancial entre los dos grupos; no obstante, el p-valor no permite rechazar la hipótesis nula (ausencia de diferencias significativas). Aun así, se encuentra lo suficientemente cercano al umbral de significación ($\alpha = 0.05$) como para sugerir una tendencia hacia una diferencia real, posiblemente enmascarada por el reducido tamaño de la muestra.

Este resultado es coherente con las dificultades conocidas de los algoritmos de calibración en usuarios con déficits visuales. Aunque la mayoría de las dificultades parecen estar asociadas a déficits visuales, resulta igualmente importante mejorar la accesibilidad del proceso de calibración. En caso contrario, la propia tarea de calibración puede convertirse en una fuente adicional de problemas, lo que reduciría la tasa de éxito y afectaría negativamente la experiencia de los usuarios.

Evaluación del error en datos de sesiones con calibración exitosa y no exitosa

Como era de esperar, existe una diferencia sustancial entre la precisión de los rastreadores oculares calibrados y no calibrados.

La Figura 101 muestra la distribución de las precisiones en ambas condiciones durante la primera escena de calibración adaptada. En azul las distribuciones del error en el caso de rastreador calibrado y en amarillo de no calibrado. Las distribuciones son relativas a los cinco objetivos de fijación, central, superior derecha e izquierda, inferior derecha e izquierda. En el grafico también se muestran unas marcas en correspondencia de la media y de la mediana de los errores.


© 2025 Nokia

Cuando el sistema está calibrado, el rastreador ocular proporciona datos fiables para todos los objetivos; sin embargo, el error medio de precisión no se encuentra dentro del rango especificado por VIVE (0.5°–1.1°).

Por el contrario, el rastreador ocular no calibrado ofrece datos de baja calidad, con un error medio superior a 10° en todos los objetivos y una alta variabilidad.

Cabe destacar que, en el caso de rastreador calibrado, los errores presentan una distribución con cola larga, lo que indica que, aunque la mayoría de los valores se concentran cerca del rango esperado de precisión, los valores atípicos (outliers) elevan la media. En el caso de rastreador no calibrado la distribución de los errores se reparte de manera equilibrada en un mayor rango de valores, aunque sigue teniendo una cola larga compuesta de outliers.

Las gráficas muestran como la mediana está cerca de los valores de error mas comunes en el caso de rastreador calibrado, y en el otro caso no. La mediana representa el valor central en una distribución, es decir, el 50% de las muestras tiene valor inferior y el restante 50% mayor, representando mejor medida para evaluar el error típico en casos de distribuciones con cola larga.

En este caso nos indica que, en el caso del rastreador calibrado mas del 50% de los errores tiene valor inferior a 5º independientemente de la posición de fijación.

En el caso de rastreador no calibrado, en todas las posiciones de fijación el 50% o mas de muestras tiene un error mayor de 7.5º.


© 2025 Nokia

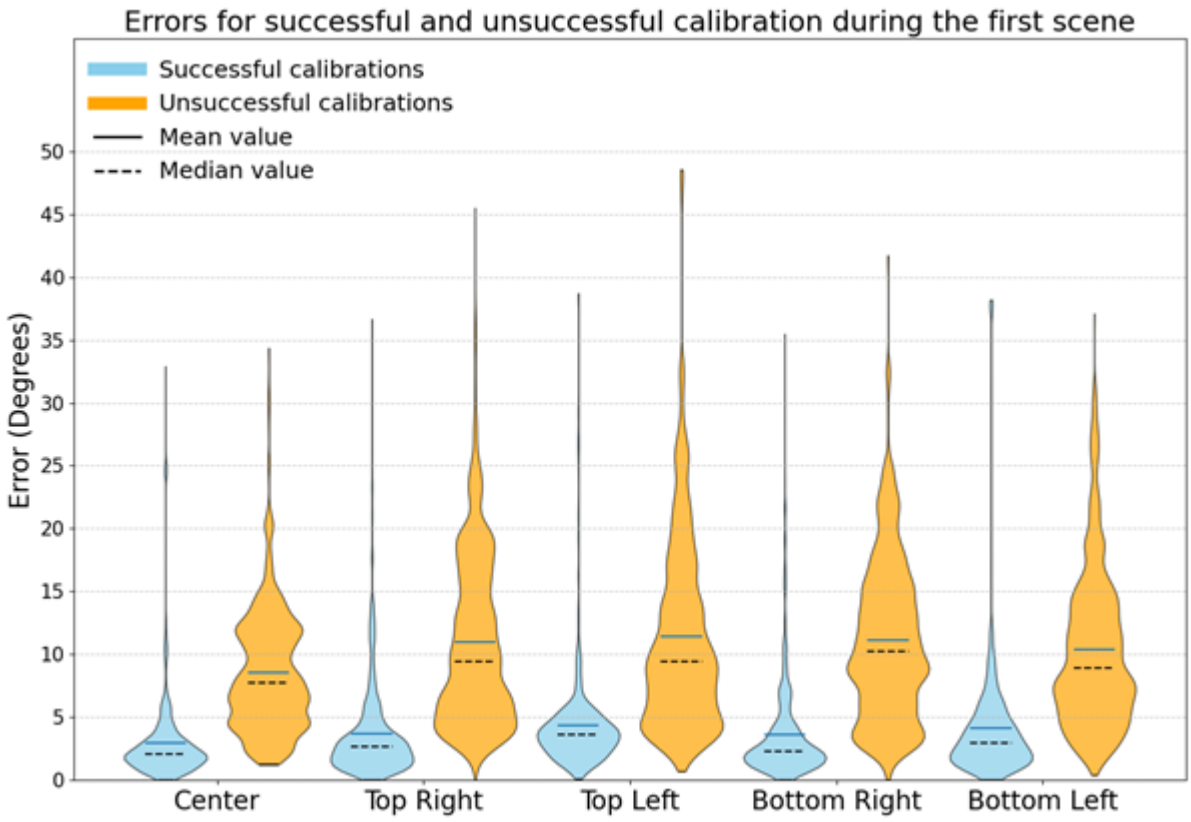



Figura 101: Distribuciones del error en la primera escena de calibración.

En la Figura 102 se presenta la distribución de las precisiones en la segunda escena de calibración adaptada, es decir, al final de las sesiones. En azul las distribuciones del error en el caso de rastreador calibrado y en amarillo de no calibrado. Las distribuciones son relativas a los cinco objetivos de fijación, central, superior derecha e izquierda, inferior derecha e izquierda. En el grafico también se muestran unas marcas en correspondencia de la media y de la mediana de los errores.

Tanto en el caso de rastreador calibrado como en el de no calibrado, hay una subida en los valores de error, esto era un resultado esperado, ya que a lo largo de una sesión el usuario se desplaza e interactúa con el mundo virtual, además, durante las sesiones es común que el usuario ajuste la posición de las gafas.

La mediana de los errores en el caso de rastreador no calibrado llega los 10º en la posición central y cerca de los 15º en las otras, marcando una fuerte subida en el error.


© 2025 Nokia

En el caso de rastreador calibrado hay una fuerte subida del error medio, debido a la cola de las distribuciones, pero el error mediano, aunque marcado por una subida, queda menos afectado, quedando debajo de los 6º en todas las posiciones de fijación.

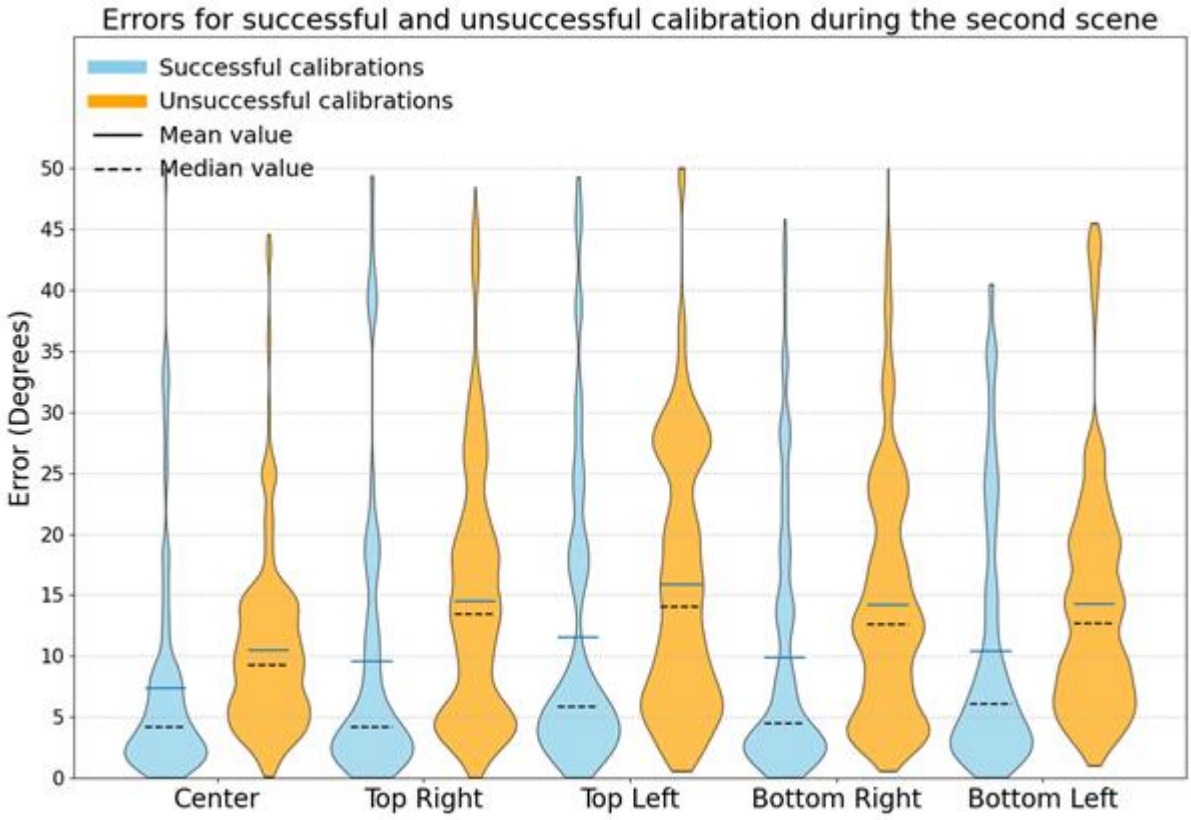



Figura 102: Distribuciones del error en la segunda escena de calibración.

El estudio empleó un algoritmo de detección de fijaciones para calcular todas las métricas basadas en las fijaciones identificadas. Este enfoque podría haber influido en los resultados debido a la selección de umbrales específicos.

Las fijaciones se detectaron a lo largo de un intervalo de cuatro segundos para cada objetivo. Dado que se trata de una duración relativamente larga, esto podría haber llevado a la inclusión de movimientos sacádicos o a una pérdida de interés por parte de los usuarios. Esta duración extendida se eligió con el fin de maximizar la probabilidad de detectar fijaciones, ya que intervalos más cortos a menudo resultaban en pocas o ninguna fijación para determinados objetivos y sesiones.


© 2025 Nokia

Para mejorar este proceso, la incorporación de métricas de calidad de fijaciones que permitan conservar únicamente los datos con bajo nivel de ruido podría mejorar tanto la evaluación del error como la corrección de las miradas.

Sin embargo, los datos de las sesiones con calibraciones fallidas muestran una baja precisión, con errores medios superiores a los 10° en cuatro de los cinco objetivos. Además, los datos no calibrados presentan una mayor variabilidad del error, lo que refleja un seguimiento deficiente de los movimientos oculares. Los datos de las sesiones calibradas son más consistentes entre el inicio y el final de la sesión. No obstante, la precisión es inferior a la esperada, manteniendo de forma constante un error medio igual o superior a 2.5°. Además, en ambos casos, hay una subida del error a lo largo de la sesión.

Estos resultados nos indican que utilizar otros métodos para mejorar la calidad de los datos puede resultar útil tanto en casos de calibraciones exitosas como de calibraciones no exitosas.

Evaluación de un algoritmo de corrección de las miradas

En esta sección se presentan algunos ejemplos de la corrección aplicada.

En las imágenes entre la Figura 103 y la Figura 111, se muestran los resultados sobre los datos de entrenamiento y validación correspondientes a distintos usuarios y sesiones.

Los puntos azules representan las miradas originales, los puntos rojos indican las miradas corregidas, y los cinco objetivos de fijación se marcan con cruces negras en forma de “X”.

En la Figura 103 se presentan los resultados de entrenamiento de la sesión S2 del usuario EC6, en la que la calibración del rastreador ocular fue exitosa.

Los datos originales muestran una buena precisión, y el algoritmo de corrección la mejora aún más al reducir aparentemente el ruido de desplazamiento (offset noise).

El error medio de precisión mejora de 1.58° a 0.56°.

Además, el algoritmo preserva la integridad espacial de las trayectorias oculares, sin introducir distorsiones.


© 2025 Nokia

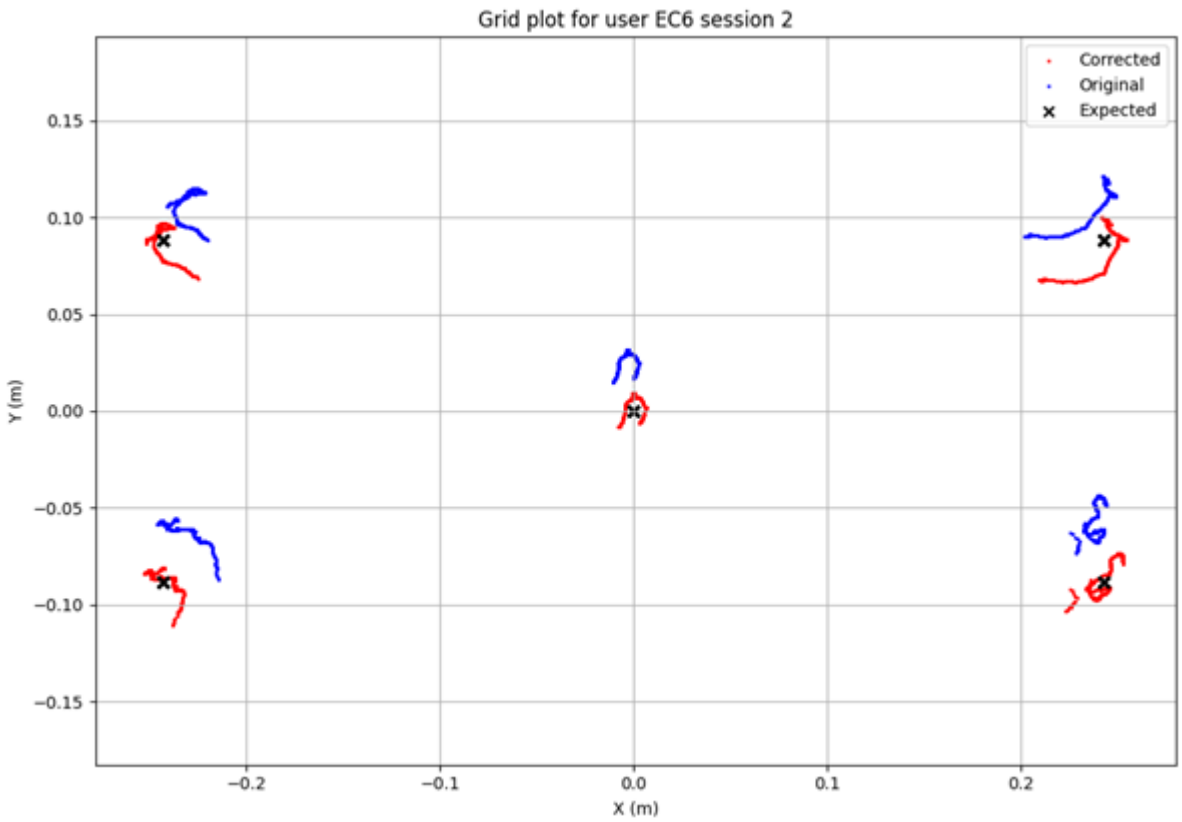



Figura 103: Miradas originales y corregidas en la primera escena del usuario EC6 sesión 2.

La Figura 104 muestra los resultados de validación de la misma sesión. Los datos recopilados siguen siendo relativamente precisos, aunque el algoritmo de corrección presenta un rendimiento ligeramente inferior en este caso.

Aun así, el error medio de precisión se reduce de 1.9° a 1.4°.


© 2025 Nokia

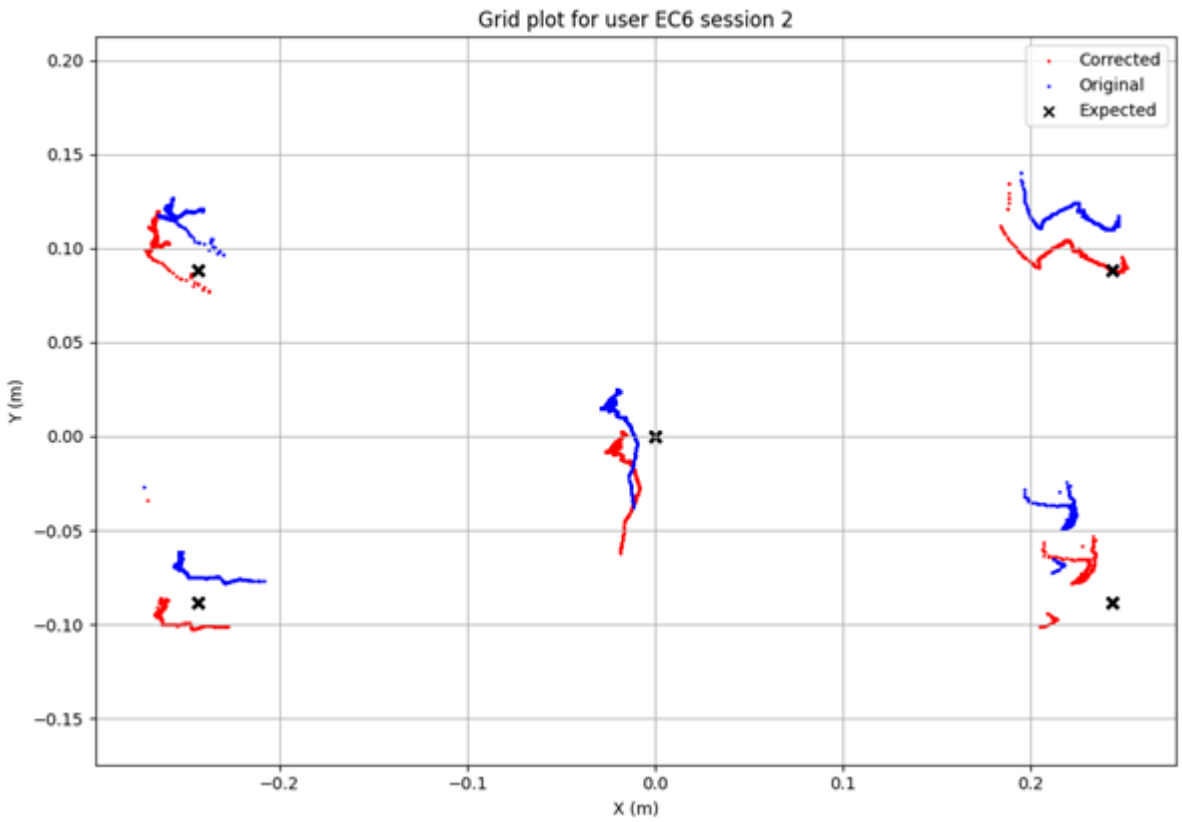



Figura 104: Miradas originales y corregidas en la segunda escena del usuario EC6 sesión 2.

En la Figura 105 se presentan los resultados de entrenamiento de la sesión S3 del usuario EC7.

En este caso, el rastreador ocular no pudo calibrarse. Como era de esperar, la precisión inicial es muy baja, sin que ninguna de las miradas se alinee correctamente con los objetivos.

El algoritmo de corrección reduce el error medio de 17° a 1.9°.

A pesar de esta gran mejora, la relación espacial entre las fijaciones correspondientes a cada objetivo se mantiene visible, lo que sugiere una distorsión espacial mínima.


© 2025 Nokia

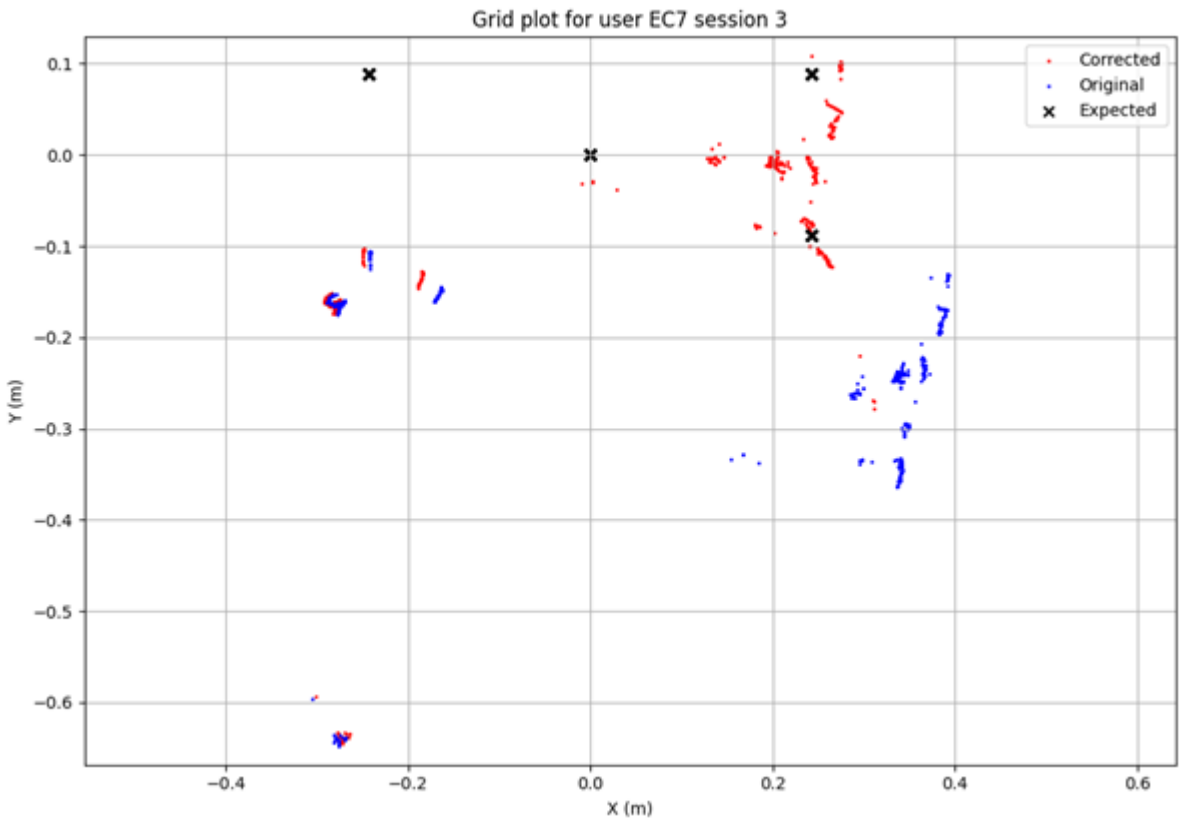



Figura 105: Miradas originales y corregidas en la primera escena del usuario EC7 sesión 3.

La Figura 106 presenta los datos de validación recogidos al final de la sesión.

Tras la corrección, el error medio disminuye de 19° a 12.3°; sin embargo, la figura muestra que los datos de validación no pudieron corregirse con la misma eficacia que los de entrenamiento.

Por ejemplo, ninguna mirada corregida se encuentra cerca del objetivo superior izquierdo, y muy pocas se acercan al objetivo central.

El patrón de miradas difiere ligeramente entre los datos de entrenamiento y validación, lo que podría deberse a una ejecución inconsistente de la tarea por parte del usuario o a factores externos que afectaron la precisión del rastreador ocular durante la sesión.


© 2025 Nokia

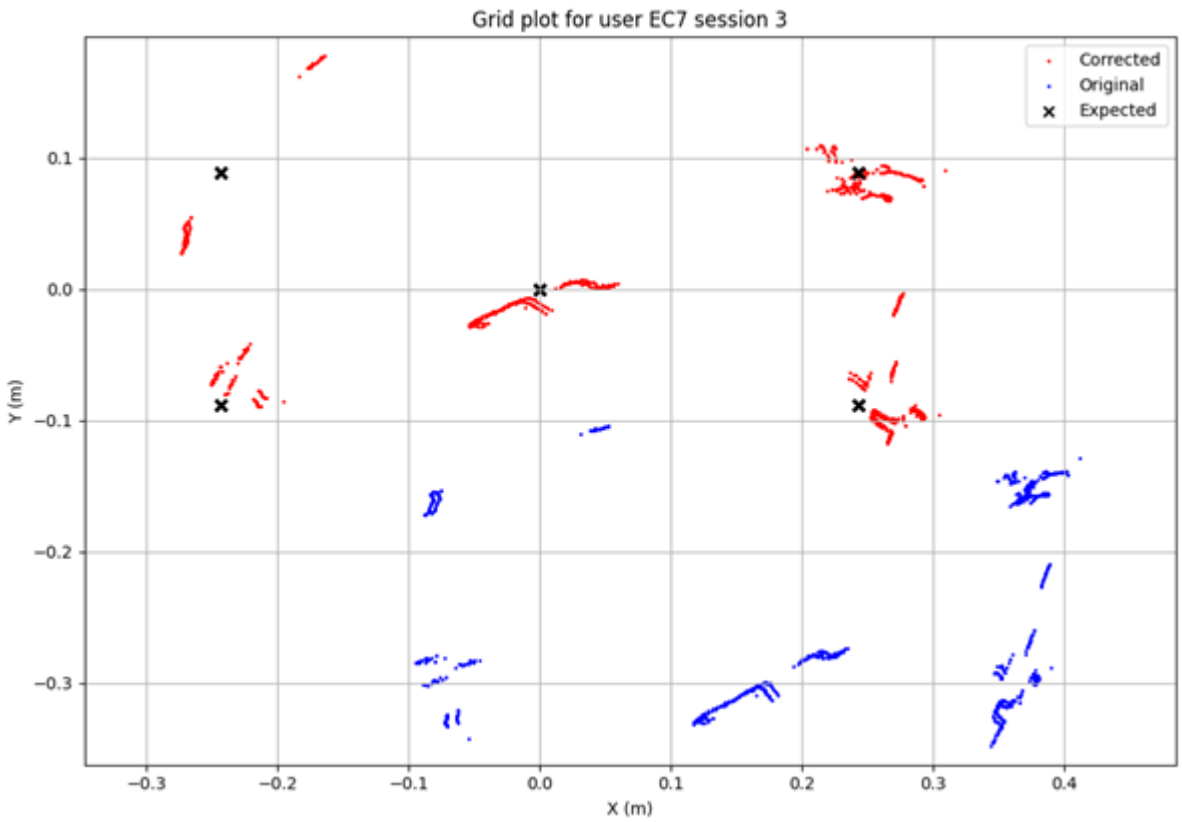



Figura 106: Miradas originales y corregidas en la segunda escena del usuario EC7 sesión 3.

La Figura 107 muestra los vectores de corrección que el algoritmo aprendió. Para crear este campo de fuerzas se han simulado miradas en una cuadricula y se han pasado al algoritmo de corrección, las flechas marcan el desplazamiento entre los puntos simulados y los corregidos. Es evidente como el algoritmo causa un fuerte desplazamiento cerca de los puntos de aprendizaje, ya que estos se colocaban muy desplazados con respecto a los objetivos de fijación, mientras que no hay casi desplazamiento en zonas que el algoritmo no ha aprendido.


© 2025 Nokia

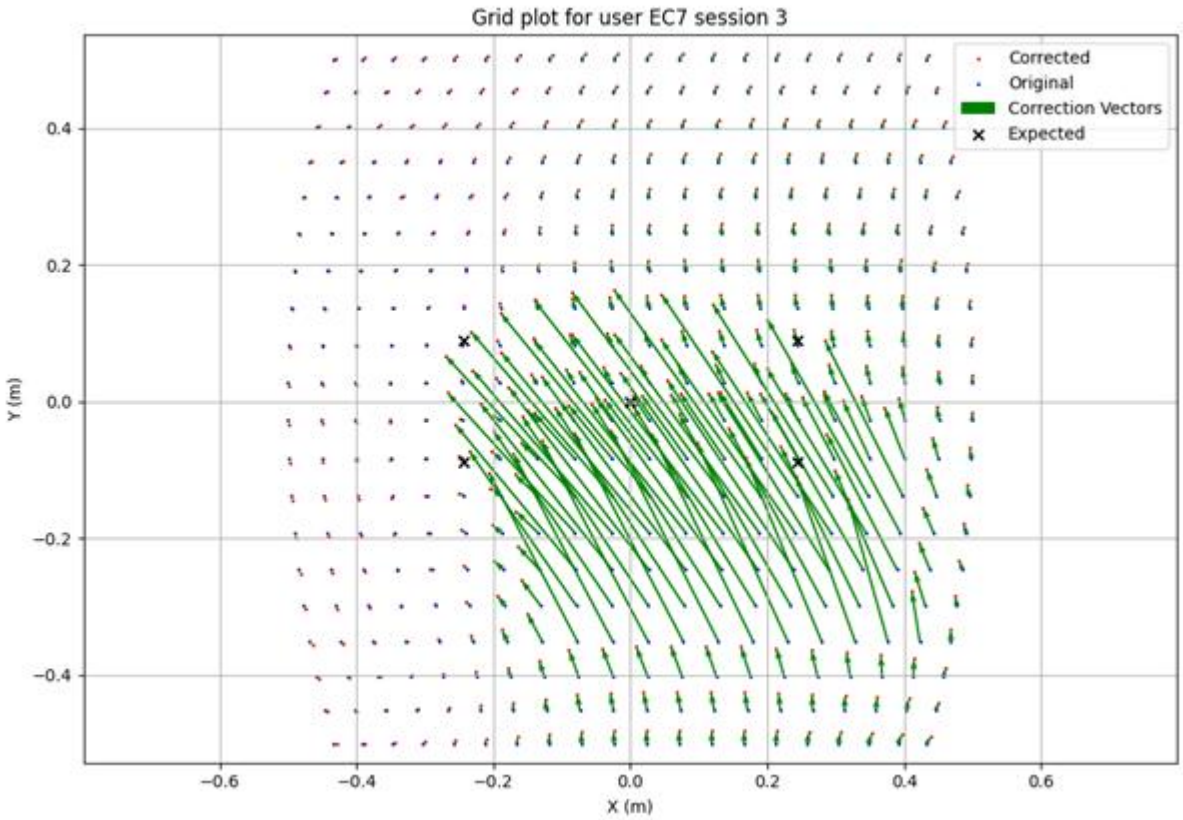



Figura 107: Correcciones que el algoritmo entrenado en los datos del usuario EC7 sesión 3 aplica a una cuadricula de puntos.

La Figura 108 muestra los resultados de entrenamiento de la sesión S3 del usuario EC2, en la cual el rastreador ocular fue calibrado correctamente.

Los datos originales presentan baja precisión: aunque dos grupos de miradas se alinean bien con sus respectivos objetivos, las miradas correspondientes a los objetivos central y superior aparecen desplazadas hacia la derecha.

Tras aplicar el algoritmo de corrección, los puntos de mirada ajustados se ubican más cerca de los objetivos.

A pesar de la reducción del error medio de 16.7° a 3°, se observan claros signos de sobreajuste (overfitting), lo que provoca una distorsión espacial significativa en las trayectorias oculares.


© 2025 Nokia

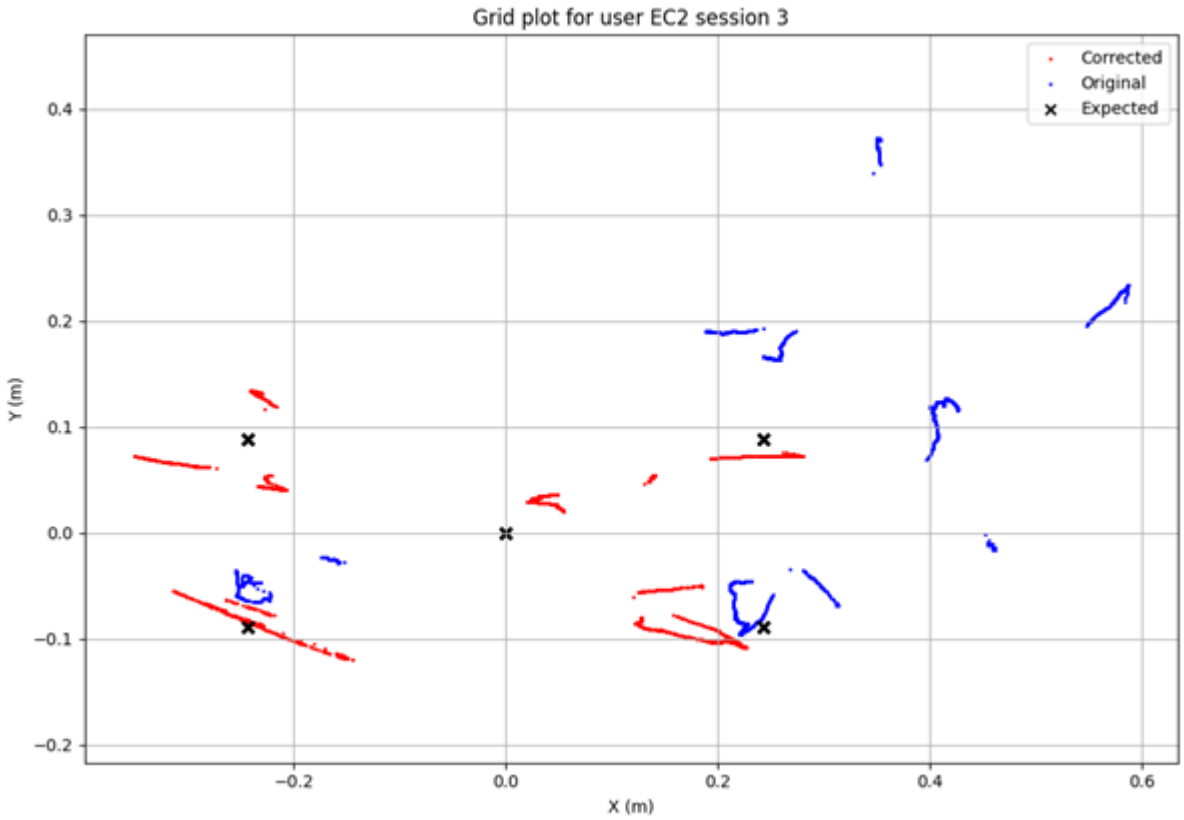



Figura 108: Miradas originales y corregidas en la primera escena del usuario EC2 sesión 3.

Los resultados de validación, mostrados en la Figura 109, revelan datos de mirada sorprendentemente precisos, con un error medio de 1.7°.

Como consecuencia, en este caso el algoritmo de corrección fracasa, ya que aumenta el error medio a 16.7° e introduce distorsiones espaciales en las secuencias de mirada.

La gran discrepancia entre los datos de entrenamiento y validación podría deberse a que el usuario no completó correctamente la tarea, a factores externos que afectaron la precisión del rastreador ocular o al estrabismo del participante.


© 2025 Nokia

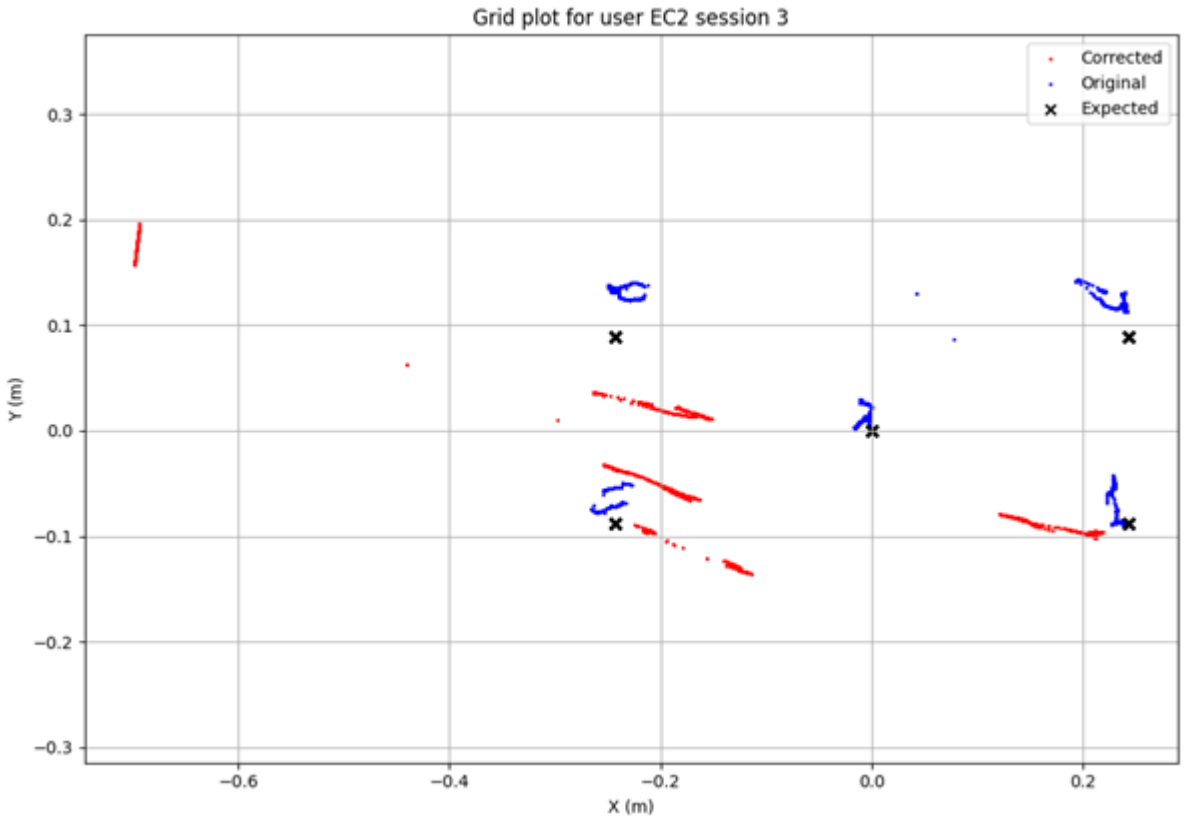



Figura 109: Miradas originales y corregidas en la segunda escena del usuario EC2 sesión 3.

Finalmente, la Figura 110 muestra las miradas de entrenamiento de la sesión S1 del usuario EC2, en la que el rastreador ocular no pudo calibrarse.

A diferencia de los casos anteriores, en los que aún podían identificarse cinco grupos de fijación correspondientes a cada objetivo, en esta sesión las miradas de entrenamiento resultan más difíciles de asociar con sus objetivos respectivos.

A pesar de las condiciones desfavorables, el algoritmo de corrección actúa de forma relativamente eficaz, desplazando las fijaciones hacia los objetivos y reduciendo el error medio de 14.1° a 5.8°, sin introducir grandes distorsiones espaciales.


© 2025 Nokia

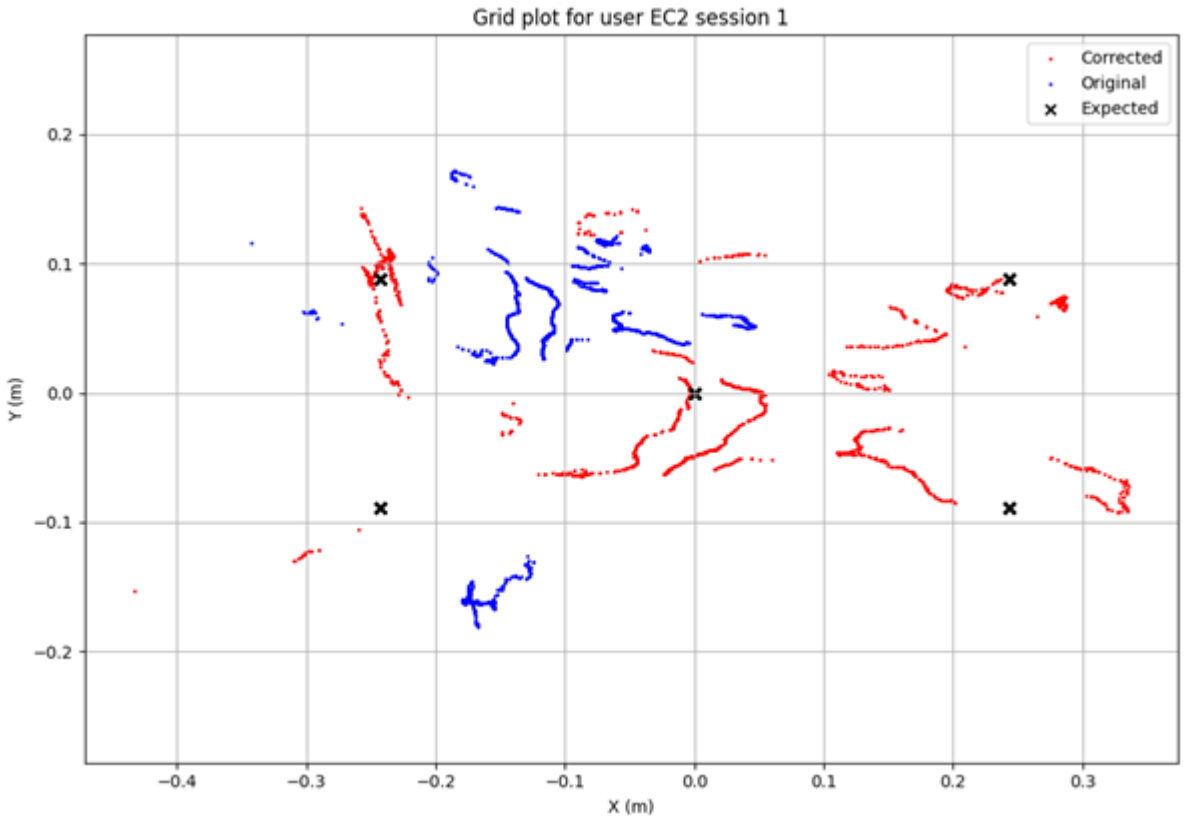



Figura 110: Miradas originales y corregidas en la primera escena del usuario EC2 sesión 1.

En la Figura 111, se muestran los resultados de validación de la misma sesión.

A simple vista, es evidente que las miradas de validación no se alinean con los datos de entrenamiento.

Las miradas corregidas no proporcionan una solución precisa, reduciendo el error medio solo ligeramente, de 19.7° a 17.1°.

Como en el caso anterior, tanto los datos de entrenamiento como los de validación podrían haberse visto afectados por una ejecución inadecuada de la tarea, factores externos que alteraron la precisión del rastreador ocular, o el estrabismo del participante.


© 2025 Nokia

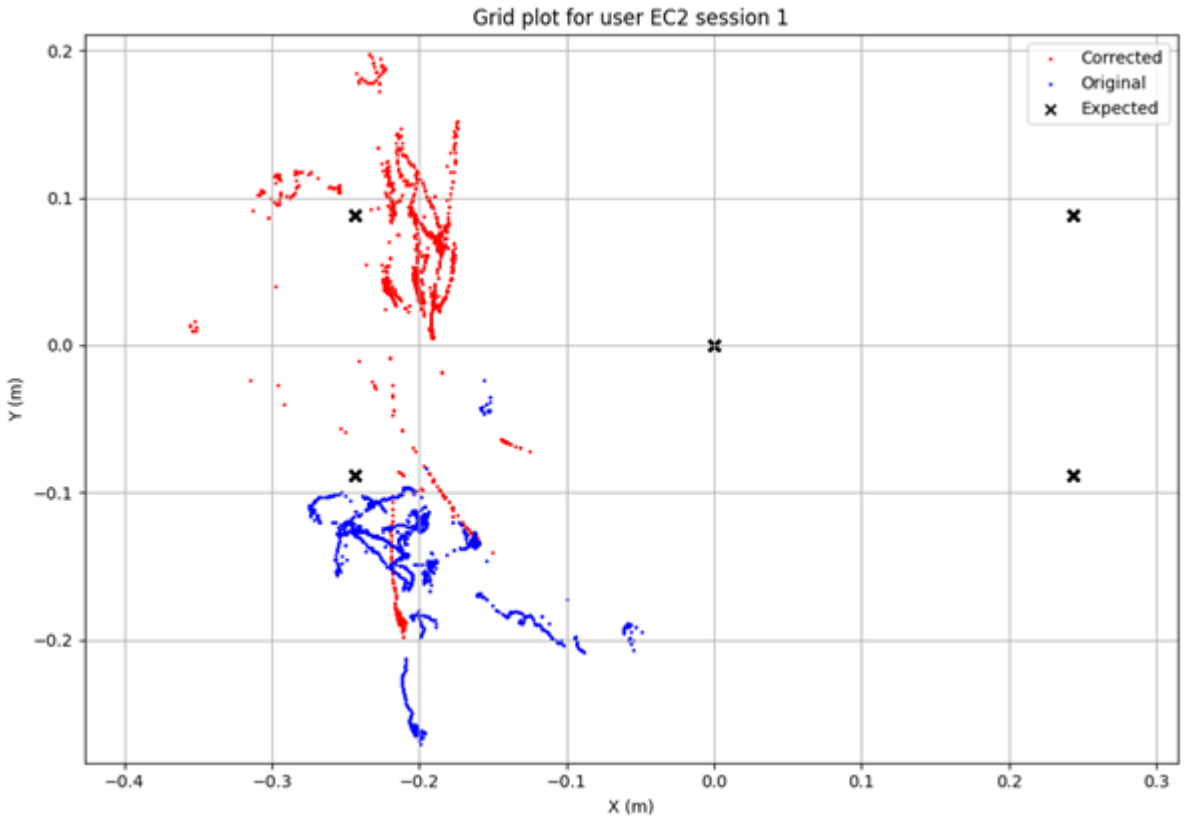



Figura 111: Miradas originales y corregidas en la segunda escena del usuario EC2 sesión 1.

El algoritmo de corrección de la mirada basado en regresión polinómica mostró un buen desempeño en los casos más simples, donde los datos estaban afectados principalmente por derivas menores. En escenarios más complejos, la corrección logró mejorar la precisión, siempre que las fijaciones al inicio y al final de la sesión se mantuvieran comparables.

Cuando los datos de entrenamiento y validación no coincidían, las discrepancias se atribuyeron con frecuencia a errores en la ejecución de la tarea o a factores externos que afectaron la recolección de datos. Además, en los casos en que los datos presentaban alto nivel de ruido, el algoritmo tendió a sobre ajustarse, lo que se tradujo en un bajo rendimiento durante la validación.


© 2025 Nokia

## 3.5 Evaluación de las prestaciones de teleformación

Para que un sistema de teleformación sea útil en contextos de entrenamiento cognitivo, debe ser funcional, accesible y fiable, permitiendo a terapeutas y participantes trabajar de manera eficiente y segura. Antes de valorar resultados de aprendizaje o experiencia, es fundamental comprobar que la tecnología cumple su propósito: que los dispositivos funcionen correctamente, que la interfaz sea intuitiva, que la preparación de las sesiones sea práctica y que los usuarios puedan interactuar con el sistema sin dificultades. La presente evaluación tiene el objetivo de garantizar que el sistema funcione de manera efectiva y permita un entrenamiento fluido y seguro en VR.

- Facilidad de uso de la interfaz: La interfaz debe ser intuitiva y fácil de usar, de manera que cualquier persona pueda manejarla sin conocimientos técnicos. Esto es especialmente importante tanto para las terapeutas como para los participantes, facilitando iniciar sesiones, lanzar escenarios, controlar el audio y supervisar el progreso de manera sencilla.
- Guía de ayuda a la interfaz: Se proporcionó un manual de instrucciones para la terapeuta, con indicaciones paso a paso sobre el uso de la aplicación y procedimientos para resolver posibles problemas técnicos. Esta guía permite que la terapeuta pueda trabajar de manera autónoma, reduciendo la necesidad de soporte.
- Problemas de calibración: Se detectaron problemas con la calibración del seguimiento de ojos del *HTC Vive Full Face Tracker*. Este aspecto no ha conseguido resolverse con algunos participantes, ya que siguió saliendo error hasta el final de las sesiones. Sin embargo, se decidió diseñar una escena de calibración amigable para calcular y en un futuro intentar corregir el error de calibración.
- El diario de sesión fue fundamental para contextualizar los resultados y aportó numerosos detalles específicos de cada usuario, que se integraron en el análisis cualitativo de las entrevistas y del resto de los datos recopilados.
- Adaptación de los participantes a los dispositivos: Se trabajó para que la tecnología estuviera adaptada a los participantes. Por ello, se diseñaron sesiones de desensibilización y entrenamiento, con el objetivo de facilitar la adaptación a los


© 2025 Nokia

dispositivos, minimizar molestias físicas y mareos, familiarizar a los participantes con el manejo de los mandos y acostumbrarlos al uso de los sensores.

- Aunque se resolvieron muchos de los problemas relacionados con las adaptaciones físicas —como la incomodidad inicial de las gafas XR—, el uso de los mandos no llegó a solucionarse en todos los casos. Algunos participantes presentaron dificultades para coger objetos desde el inicio hasta el final de las sesiones, lo que hizo necesaria la intervención de la terapeuta. Esto evidencia que, a día de hoy, aún no existe un método completamente accesible para que personas con discapacidad intelectual interactúen de manera autónoma con los elementos mediante mandos.
- Tiempo necesario para cada sesión: Cada sesión se planificó con una duración aproximada de 30 minutos, incluyendo la calibración de dispositivos, colocación de sensores, preparación del entorno y puesta en marcha de la aplicación. Este tiempo permite completar la sesión sin que se extienda en exceso y teniendo en cuenta el tiempo máximo recomendado de uso de gafas XR. No obstante, la duración podía variar según el ritmo de cada participante, especialmente si realizaban más de un nivel durante la sesión.
- Cuestionarios adaptados: Aun con las adaptaciones, muchos participantes necesitaron apoyo de la terapeuta para comprender y responder los cuestionarios. Los resultados fueron limitados y no concluyentes. Además del tamaño reducido de la muestra, la escala Likert de tres niveles probablemente contribuyó a esta limitación al disminuir la sensibilidad y restringir la precisión con la que podían captarse las experiencias de los participantes. Además, otros dos factores influyeron en los resultados. Primero, el efecto WoW, habitual cuando las personas utilizan tecnologías inmersivas por primera vez, pudo haber llevado a que los participantes valoraran todo de forma muy positiva, dificultando identificar sus preferencias reales. Segundo, algunas preguntas apuntaban a conceptos generales como la presencia, que pueden resultar difíciles de comprender o evaluar para personas con discapacidad intelectual.
- Las métricas de rendimiento extraídas no arrojaron resultados estadísticamente significativos debido al tamaño limitado de la muestra y a la influencia de la asistencia de la terapeuta durante las sesiones. No obstante, mostraron tendencias coherentes con el contexto terapéutico.


© 2025 Nokia

- Los usuarios con problemas de agudeza visual fueron quienes experimentaron mayores dificultades de calibración, pero el análisis estadístico no permitió rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que pueden intervenir factores adicionales. Se requiere una investigación más amplia con una muestra mayor y técnicas de calibración variadas.
- El análisis temático de las entrevistas proporcionó las perspectivas más detalladas sobre las experiencias de los usuarios y las observaciones de la terapeuta. Los participantes informaron sentir mejoras en su vida diaria, y las terapeutas observaron progresos específicos en cada usuario. Tanto los participantes como las terapeutas destacaron la importancia de la fase de familiarización, que ayudó a los usuarios a superar incomodidad y nerviosismo mientras se acostumbraban gradualmente a la tecnología. La experiencia mejoró la calidad de vida: los usuarios disfrutaron del juego, se sintieron motivados para jugar, experimentaron satisfacción al completar niveles y percibieron avances hacia su objetivo de conseguir empleo.
- Todos los participantes completaron el estudio longitudinal de ocho meses, asistiendo a más de 26 sesiones cada uno. Esta alta retención se atribuye al diseño centrado en el usuario y al flujo de trabajo terapéutico, que priorizaron la comodidad e incorporaron sus comentarios.


© 2025 Nokia

# 4 Teleformación: seguimiento de la terapia cognitiva

Se pretende emplear las tecnologías de XR para favorecer o mejorar los procesos atencionales y la capacidad de control inhibitorio en usuarios/as del área de inserción laboral de Centro Ocupacional de Formación, Oportunidades e Inserción Laboral (COFOIL) de la Fundación Juan XXIII Roncalli.

La estimulación cognitiva se refiere a un conjunto de estrategias y actividades diseñadas para mantener o mejorar el funcionamiento de los procesos cognitivos como la atención, la memoria, el lenguaje, las funciones ejecutivas y la percepción. En el caso de personas con Discapacidad Intelectual (DI), la estimulación cognitiva adquiere un papel fundamental como herramienta terapéutica y educativa, ya que puede contribuir al desarrollo de habilidades adaptativas y a la mejora del desempeño funcional en la vida diaria. Uno de los principales focos de intervención dentro de este marco es el trabajo sobre funciones ejecutivas específicas como la atención y el control inhibitorio, que suelen verse alteradas en este colectivo. La atención permite seleccionar y mantener información relevante del entorno, y su adecuada gestión es clave para la adquisición de aprendizajes y la participación activa en contextos sociales. Por otro lado, el control inhibitorio es una función ejecutiva esencial que permite regular impulsos, filtrar estímulos irrelevantes y responder de forma adecuada en situaciones cambiantes, siendo crucial para la autorregulación emocional y conductual. Estas funciones, al estar comprometidas en personas con discapacidad intelectual, pueden dificultar su autonomía, su adaptación al entorno y su rendimiento académico o laboral, por lo que su estimulación debe abordarse de manera estructurada y sostenida en el tiempo.

En este contexto, las tecnologías inmersivas, como las gafas de Realidad Virtual (RV), representan una herramienta innovadora y con alto potencial para intervenir en procesos cognitivos de forma atractiva y personalizada. La realidad virtual permite diseñar entornos controlados, seguros y adaptados a las necesidades individuales de cada persona, lo que favorece una mayor implicación emocional y motivacional en las tareas. A través de entornos simulados interactivos, es posible crear escenarios específicos que demanden la activación


© 2025 Nokia

de procesos atencionales y de autocontrol, brindando oportunidades de entrenamiento cognitivo en situaciones muy similares a las del mundo real. Además, la inmersión que proporciona la RV puede potenciar el aprendizaje incidental y la generalización de habilidades, aspectos muchas veces comprometidos en personas con DI. En resumen, la aplicación de la realidad virtual en contextos de estimulación cognitiva se perfila como una alternativa eficaz y versátil para el abordaje de funciones cognitivas clave en personas con discapacidad intelectual, ofreciendo una vía de intervención más dinámica, motivadora y potencialmente más eficaz que los métodos tradicionales.

**Objetivos**

El objetivo general de este caso de uso es explorar y evaluar el uso de la realidad virtual como herramienta de estimulación cognitiva para mejorar la atención y el control inhibitorio en personas con discapacidad intelectual para conseguir una mejora en la inserción laboral. A través de la implementación de actividades estructuradas y personalizadas en entornos virtuales, se busca facilitar el desarrollo de habilidades cognitivas clave que favorezcan la autonomía, el aprendizaje y la adaptación social de los usuarios.

Los objetivos específicos que se plantean son los siguientes:

- Evaluar la efectividad de la realidad virtual en la mejora de la atención sostenida y selectiva en personas con discapacidad intelectual: este objetivo se centra en determinar si el uso de entornos virtuales específicos mejora la capacidad de los participantes para mantener la concentración durante tareas de duración prolongada y en presencia de distracciones, lo cual es crucial para su desempeño en actividades cotidianas y laborales.
- Medir el impacto de la RV en el control inhibitorio y la regulación de impulsos en individuos con discapacidad intelectual: se busca analizar si las actividades de realidad virtual diseñadas para activar la inhibición de respuestas impulsivas contribuyen a un mejor autocontrol en situaciones de toma de decisiones y conductas impulsivas, favoreciendo una mayor autorregulación en distintos contextos.
- Desarrollar un protocolo de intervención utilizando gafas de realidad virtual para promover la estimulación cognitiva personalizada: el proyecto tiene como finalidad


© 2025 Nokia

crear y ajustar un conjunto de actividades adaptadas a las características de cada participante, con el fin de ofrecer un enfoque individualizado en función del nivel de funcionamiento cognitivo, preferencia y necesidades específicas de los usuarios con discapacidad intelectual.

- Analizar la motivación, el compromiso y la adherencia de los participantes en un programa de estimulación cognitiva con RV: un componente fundamental del proyecto será evaluar si la naturaleza inmersiva y lúdica de la realidad virtual mejora la motivación de los participantes para participar activamente en las actividades de rehabilitación cognitiva, lo cual puede influir en la eficacia del programa y en la mejora de los resultados.
- Evaluar la percepción de los participantes sobre la utilidad de la realidad virtual en la estimulación cognitiva: Este objetivo está dirigido a recolectar realimentación tanto de los usuarios como de sus familias o cuidadores, con el fin de conocer sus experiencias, opiniones y percepciones sobre la intervención con RV, y si consideran que estas herramientas incrementan las posibilidades de desempeñar mejor las tareas en un entorno laboral así como si contribuyen al bienestar general de los participantes.

## 4.1 Selección inicial de los participantes

### 4.1.1 Evaluación Cualitativa

Para la selección de los participantes, se llevó a cabo una reunión de coordinación entre el equipo interdisciplinar compuesto por psicólogas, preparadores laborales y maestros de taller del área de inserción laboral de COFOIL. El objetivo de dicho encuentro fue identificar, a partir del criterio profesional de los especialistas, a aquellas personas que presentaban mayores dificultades atencionales y cuya funcionalidad diaria se veía más comprometida por dichas limitaciones. Esta selección se orientó a priorizar a los individuos que, según la valoración del equipo, podrían beneficiarse en mayor medida de la intervención mediante sesiones de estimulación cognitiva basadas en realidad virtual.


© 2025 Nokia

En total, el equipo propuso a 16 usuarios como posibles candidatos. Para llevar a cabo la selección final, a todos ellos se les administraron una serie de instrumentos estandarizados, cuya descripción se detalla en el apartado de evaluación cuantitativa. Dado que, por limitaciones temporales, únicamente era posible incluir a ocho participantes, se seleccionó a aquellos ocho individuos que obtuvieron las puntuaciones más bajas en dichas medidas, entendidas estas como indicativas de mayores dificultades atencionales y, por tanto, de una mayor necesidad potencial de intervención.

### 4.1.2 Evaluación cuantitativa

La selección de los participantes para este caso de uso se realizó a partir de la administración de pruebas neuropsicológicas y atencionales estandarizadas, con el objetivo de identificar a individuos con discapacidad intelectual que presentaran mayores dificultades en funciones cognitivas clave, particularmente en los dominios de la atención y el control inhibitorio. Esta estrategia buscó asegurar que los participantes incluidos fueran aquellos con mayor potencial de beneficio respecto a la intervención basada en realidad virtual, dada la necesidad de entrenar intensivamente dichas funciones cognitivas.

En una primera fase, se aplicaron diversas pruebas específicas para evaluar componentes atencionales, incluyendo tareas dirigidas a medir la atención sostenida y la atención selectiva. Estas herramientas permitieron generar un perfil individualizado del funcionamiento atencional de cada participante.

Posteriormente, los resultados obtenidos fueron analizados cuantitativamente, y se seleccionó a los ocho participantes con las puntuaciones más bajas en las pruebas aplicadas. Esta decisión se sustentó en la hipótesis de que las personas con mayores déficits atencionales y de control inhibitorio eran las personas que más se podían beneficiar al experimentar mejoras relevantes tras una intervención estructurada de estimulación cognitiva.

Para garantizar tanto la validez del estudio como la seguridad de los participantes, se establecieron criterios rigurosos de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión contemplaron: edad igual o superior a 18 años, diagnóstico formal de discapacidad


© 2025 Nokia

intelectual y la ausencia de condiciones médicas o psiquiátricas que pudieran interferir con la participación activa en el programa. Se excluyeron aquellos individuos con alteraciones motoras severas, debido a que estas condiciones podrían comprometer la adecuada utilización de los dispositivos.

Asimismo, se garantizó la obtención del consentimiento informado de todos los participantes o, en su caso, de sus representantes legales, asegurando así que estuvieran plenamente informados sobre los objetivos, procedimientos y posibles beneficios de la intervención. Este protocolo permitió asegurar un proceso ético, transparente y ajustado a las necesidades particulares de la población implicada.

Las pruebas que se aplicaron fueron las siguientes:

- **Prueba de Atención del Cuestionario de Madurez Neuropsicológica, CUMANIN-2** (Portellano, J.A; Mateos, R., Martínez, R., y Sánchez, F., 2021).

El Inventario CUMANIN-2 (ver Figura 112) sirve para llevar a cabo una evaluación neuropsicológica global. En este caso solo se administró la subprueba de atención que consiste en una prueba de discriminación visual simple basada en una tarea de cancelación en la que la persona evaluada debe identificar y tachar entre un conjunto de estímulos solo aquellos que coinciden con el estímulo diana. Esta tarea permite evaluar tanto la atención selectiva como la atención sostenida.

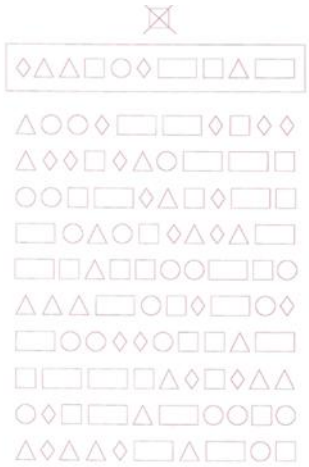


Figura 112: Hoja de respuestas Cumanin-2


© 2025 Nokia

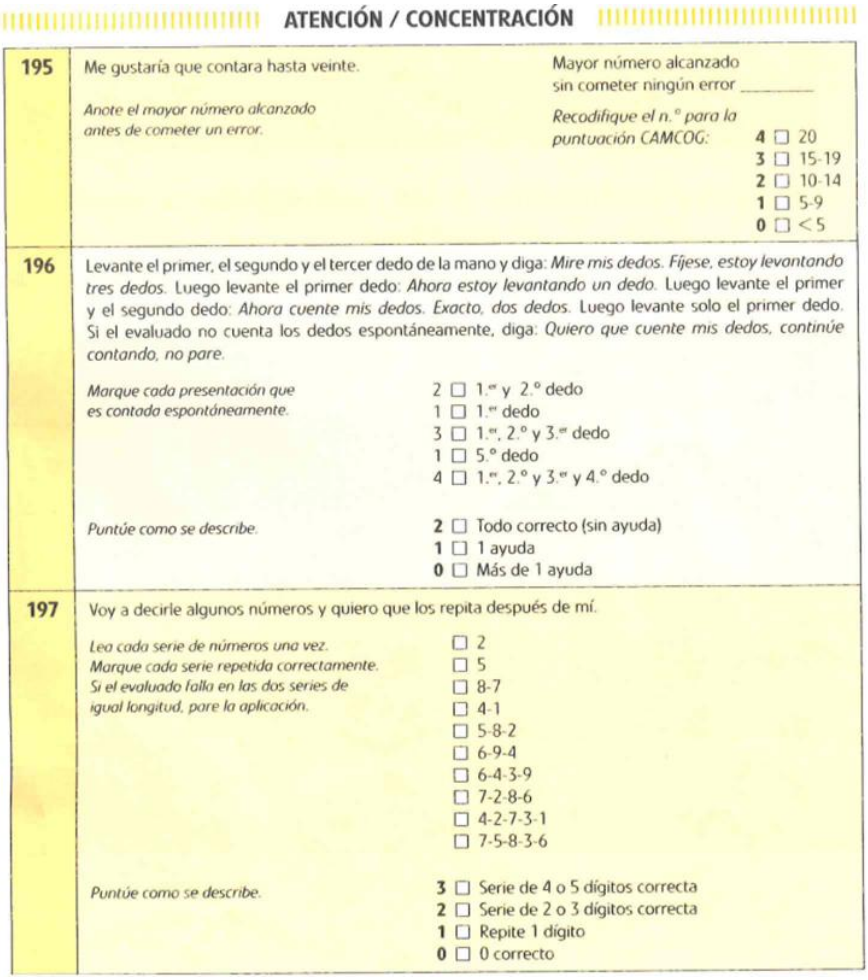
La instrucción que se le da a la persona es que debe tachar solo las figuras que son iguales a la que aparece tachada, es decir, solo los cuadrados. La primera línea es de prueba para asegurar que ha comprendido correctamente las indicaciones. El tiempo máximo de realización de la prueba es de 60 segundos. El rendimiento se evalúa en función de los aciertos y del tiempo empleado.

- **Cambridge Cognitive Examination, CAMCOG** (Ball, S., Holland, T., Huppert, F., Treppner, P., y Dodd, K, 2006), adaptación española (Castillo, S., Alsina, R., Alsinax, M. y Vidal, N., 2013).

CAMCOG-DS (ver Figura 113) es una batería neuropsicológica que forma parte del CAMDEX-DS, Prueba de Exploración Cambridge para la Valoración de los Trastornos Mentales en Adultos con Síndrome de Down o con Discapacidad Intelectual (Ball, S., Holland, T., Huppert, F., Treppner, P., y Dodd, K, 2006), adaptación española (Castillo, S., Alsina, R., Alsinax, M. y Vidal, N., 2013). Esta batería evalúa diferentes áreas: orientación, lenguaje (comprensión y expresión), memoria (remota, reciente, nuevos aprendizajes), atención, praxis, pensamiento abstracto y percepción. En este caso se administrarán únicamente las 3 subpruebas que evalúan el área de atención:

- Subprueba 1- Conteo del 0 al 20
- Subprueba 2- Conteo de los estímulos presentados
- Subprueba 3- Repetición de números


© 2025 Nokia



ATENCIÓN / CONCENTRACIÓN

| | | |
|---|---|---|
| 195 | Me gustaría que contara hasta veinte.<br>*Anote el mayor número alcanzado antes de cometer un error.* | Mayor número alcanzado sin cometer ningún error _____<br>*Recodifique el n.° para la puntuación CAMCOG:*<br>**4** ☐ 20<br>**3** ☐ 15-19<br>**2** ☐ 10-14<br>**1** ☐ 5-9<br>**0** ☐ <5 |
| 196 | Levante el primer, el segundo y el tercer dedo de la mano y diga: *Mire mis dedos. Fíjese, estoy levantando tres dedos.* Luego levante el primer dedo: *Ahora estoy levantando un dedo.* Luego levante el primer y el segundo dedo: *Ahora cuente mis dedos. Exacto, dos dedos.* Luego levante solo el primer dedo. Si el evaluado no cuenta los dedos espontáneamente, diga: *Quiero que cuente mis dedos, continúe contando, no pare.*<br>*Marque cada presentación que es contada espontáneamente.*<br>*Puntúe como se describe.* | 2 ☐ 1.er y 2.° dedo<br>1 ☐ 1.er dedo<br>3 ☐ 1.er, 2.° y 3.er dedo<br>1 ☐ 5.° dedo<br>4 ☐ 1.er, 2.° y 3.er y 4.° dedo<br>**2** ☐ Todo correcto (sin ayuda)<br>**1** ☐ 1 ayuda<br>**0** ☐ Más de 1 ayuda |
| 197 | Voy a decirle algunos números y quiero que los repita después de mí.<br>*Lea cada serie de números una vez. Marque cada serie repetida correctamente. Si el evaluado falla en las dos series de igual longitud, pare la aplicación.*<br>*Puntúe como se describe.* | ☐ 2<br>☐ 5<br>☐ 8-7<br>☐ 4-1<br>☐ 5-8-2<br>☐ 6-9-4<br>☐ 6-4-3-9<br>☐ 7-2-8-6<br>☐ 4-2-7-3-1<br>☐ 7-5-8-3-6<br>**3** ☐ Serie de 4 o 5 dígitos correcta<br>**2** ☐ Serie de 2 o 3 dígitos correcta<br>**1** ☐ Repite 1 dígito<br>**0** ☐ 0 correcto |

Figura 113: Hoja de respuestas Atención CAMCOG_DS

El criterio de puntuación aparece en la misma hoja de respuestas. En la subprueba 1 la máxima puntuación es 4, en la subprueba 2 la máxima puntuación es 2 y en la subprueba 3 si recuerdan series de 4 o 5 dígitos se obtienen 3 puntos. Por tanto, la puntuación global en esta parte de atención está comprendida entre 0 y 9 puntos.

- **Test de Percepción de Diferencias-Revisado, CARAS-R** (Thurstone, L., y Yela, M., 1997).

Este test evalúa habilidades perceptivas y atencionales (atención selectiva y sostenida) a partir de 60 ítems gráficos (caras) formados por trazos esquemáticos (pelo, ojos, cejas y boca), tal y como se presenta en la Figura 114. Dos de las caras son iguales y la tarea consiste en identificar cuál es la diferente y tacharla.


© 2025 Nokia

Las puntuaciones incluyen aciertos, errores y un Índice de Control de la Impulsividad (ICI), que permite valorar si la persona es impulsiva o no en la emisión de las respuestas. El tiempo máximo de administración de la prueba es de 3 minutos, aunque en este caso al tratarse de personas con discapacidad intelectual se les permitió realizarlo en 5 minutos.

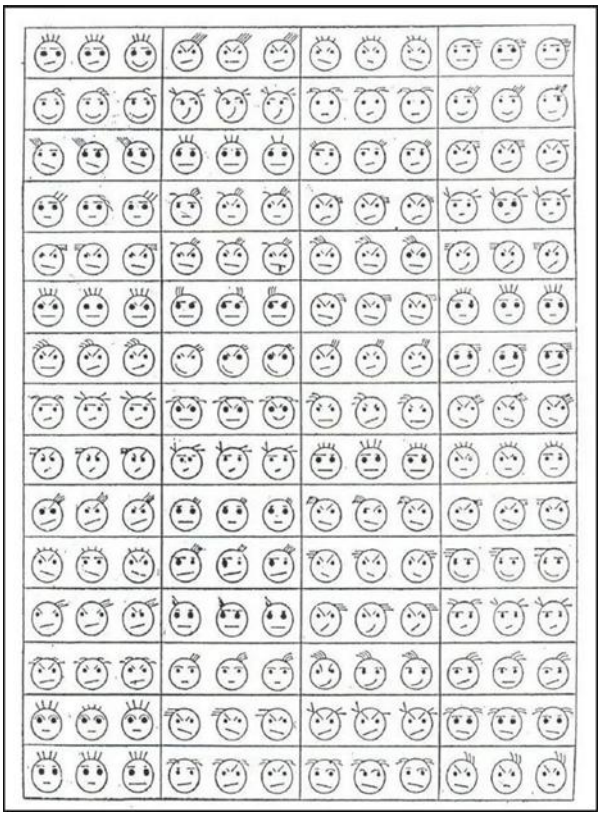


Figura 114: Hoja de respuestas CARAS_R

Las puntuaciones que calcular son las siguientes:

- Aciertos: número total de aciertos del sujeto. Se concederá un punto por cada una de las caras tachadas correctamente.
- Errores: número total de errores del sujeto. Se contará cada una de las cruces que haya marcado el sujeto sobre una cara incorrecta.
- Aciertos netos (A-E): se calcula restando al número total de aciertos el número total de errores del sujeto. De esta forma se obtiene una medida más precisa de la eficacia en sus respuestas a la prueba.


© 2025 Nokia

- Índice de Control de la Impulsividad (ICI): se calcula dividiendo el número de Aciertos netos (A-E) entre el número de respuestas dadas por el sujeto (A+E). El resultado se multiplica por 100.

En cuanto a la interpretación de los resultados se debe tener en cuenta tanto los "Aciertos netos" como el "ICI".

Los aciertos netos relacionan el número total de aciertos con el número total de errores, por tanto, evalúa la eficacia de la persona al realizar la prueba:

- Puntuaciones altas indican que la persona procesa de forma rápida los detalles de los estímulos visuales y es preciso en los juicios que realiza.
- Puntuaciones bajas indican que la persona tiene una baja capacidad visoperceptiva y atencional. No realiza juicios de semejanza/diferencia adecuados y presenta dificultades de atención.

El ICI expresa el nivel de control de la impulsividad de la persona cuando realiza la tarea, reflejando su estilo cognitivo impulsivo-reflexivo. Mide la eficiencia de la persona al realizar la prueba:

- Las puntuaciones cercanas a 100 indican que el sujeto tiene un control inhibitorio adecuado.
- Las puntuaciones bajas indican que la persona es impulsiva en la ejecución de la tarea y no es reflexiva a la hora de realizar los juicios de semejanza/diferencia. La ausencia de control inhibitorio implica cometer un alto número de errores y de aciertos al azar.

- **Cats and Dogs Test** (Ball et al., 2008). Es una tarea inspirada en la prueba de Stroop, Test de Colores y Palabras, Golden (2005). Sirve para evaluar la atención y la capacidad del individuo para inhibir las respuestas automáticas.

La tarea original consiste en nombrar el color de la tinta en la que están escritas una serie de palabras, que son nombres de colores. Algunas de las palabras están escritas en color diferente al que representan, lo que genera conflicto cognitivo. Para las personas que no tienen lectoescritura existe la adaptación de la tarea con ítems visuales, como el que se ha utilizado en este caso, el Cats and Dogs Test (ver Figura 115).


© 2025 Nokia

Consiste en decir el menor tiempo posible el nombre de las imágenes que aparecen siguiendo la consigna de que cuando aparezca un “gato”, tienen que decir la palabra “perro” y cuando aparezca un “perro” tienen que decir la palabra “gato”. Se contabiliza el tiempo empleado en la tarea y el número de errores cometidos.

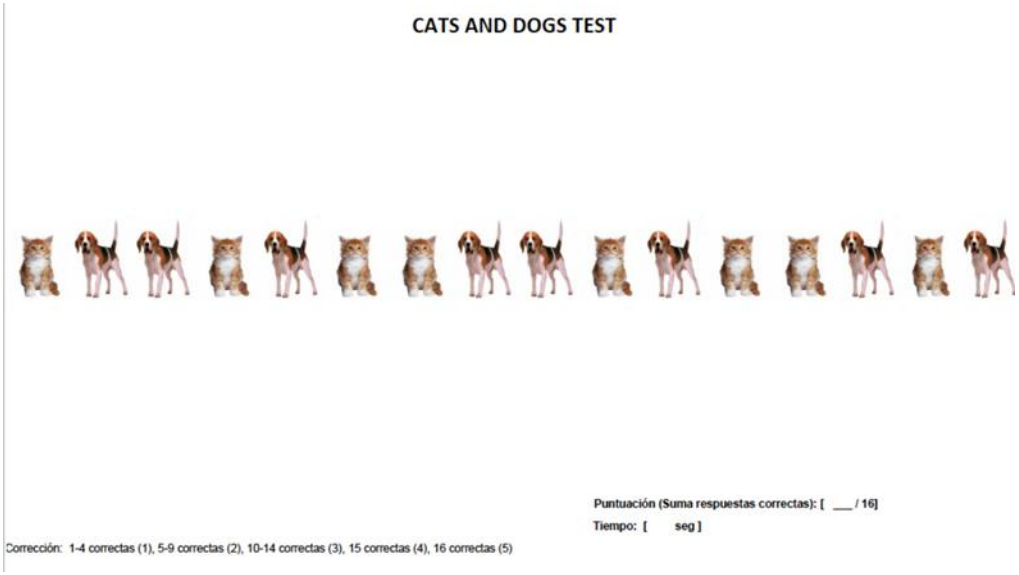



Figura 115: Hoja de Respuestas Cats and Dogs.

Se corrige asignando los siguientes puntos:

- De 1 a 4 aciertos: 1 punto
- De 5 a 9 aciertos: 2 puntos
- De 10 a 14 aciertos: 3 puntos
- 15 aciertos: 4 puntos
- 16 aciertos: 5 puntos

- **Trail Making Test (Reitan, R.M.,1958).** El **Trail Making Test (TMT)** tiene sus orígenes en el trabajo de varios autores en el campo de la psicología y neuropsicología, aunque no está asociado a un único autor (Reitan, 1958).

Se trata de una prueba neuropsicológica que se utiliza para evaluar la atención sostenida, la atención alternante y la flexibilidad mental. La prueba consta de dos partes:


© 2025 Nokia

**Trail Making Test Parte A (TMT-A),** presentada en la Figura 116 y la Figura 117. En esta parte, se le pide a la persona que conecte una serie de 25 círculos numerados en orden ascendente (del 1 al 25) lo más rápido posible. La tarea es relativamente sencilla y se utiliza principalmente para medir la atención sostenida y la velocidad de procesamiento.

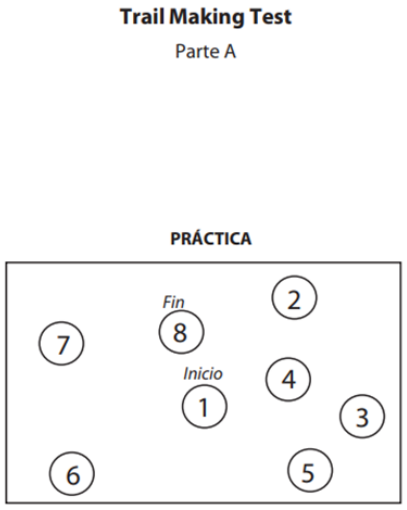



Figura 116: Ensayo TMT A.

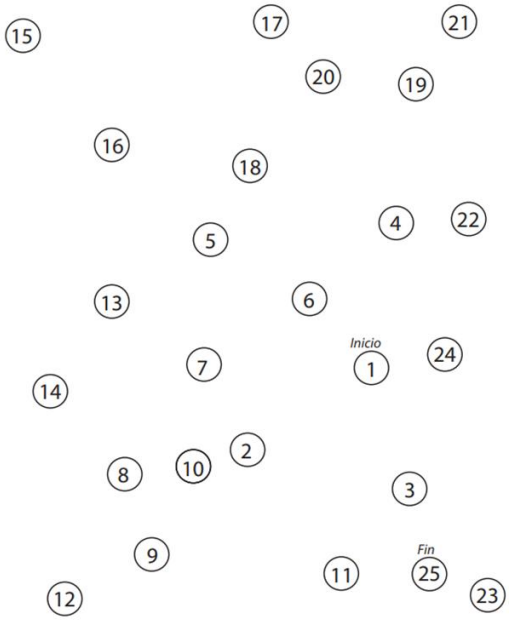



Figura 117: Hoja de respuestas TMT A.


© 2025 Nokia

**Trail Making Test Parte B (TMT-B),** presentada en la Figura 118 y la Figura 119. Esta parte es más compleja y requiere que el sujeto alterne entre números y letras (por ejemplo, 1-A-2-B-3-C, etc.) en orden ascendente. Esta tarea no solo requiere atención sostenida y velocidad de procesamiento, sino que también evalúa la atención alternante, ya que la persona debe cambiar entre secuencias numéricas y alfabéticas.

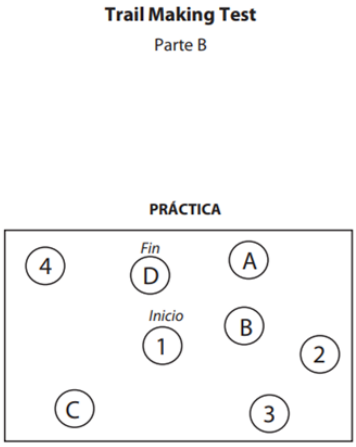



Figura 118: Ensayo TMT B.

La puntuación e interpretación de esta prueba se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Se registra el tiempo que tarda el sujeto en completar cada parte de la prueba. También se observan y corrigen los errores, como conectar los círculos en el orden incorrecto, pero el cronómetro continúa funcionando.
- Tiempos de finalización más largos y mayores tasas de errores pueden indicar dificultades en la atención, la velocidad de procesamiento o las funciones ejecutivas. Una discrepancia significativa entre el tiempo tomado para completar la parte A y la parte B puede ser particularmente reveladora, ya que puede indicar problemas atención alternante.


© 2025 Nokia

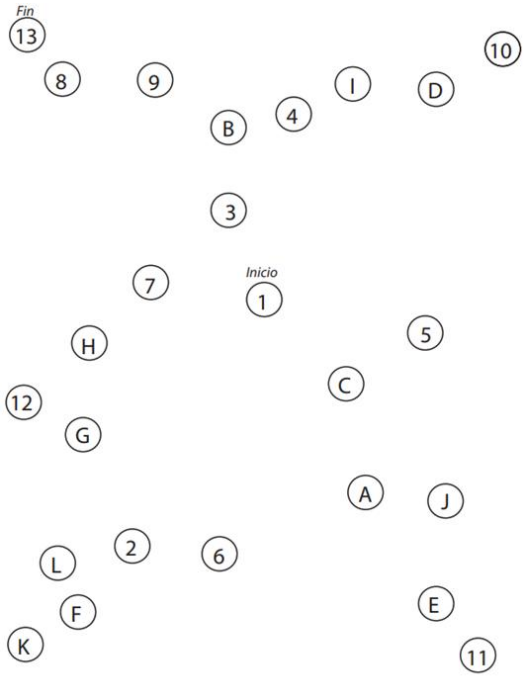



Figura 119: Hoja de respuestas TMT B.

Aunque estas pruebas no están específicamente adaptadas o baremadas para personas con DI se optó por utilizarlas debido a la falta de herramientas de evaluación más especializadas para este colectivo. Posteriormente, las mismas pruebas se volverán a aplicar después de la intervención de estimulación cognitiva con realidad virtual para valorar si se han producido mejoras en las habilidades cognitivas de las personas participantes.

En el caso del Trail Making Test, se optó por aplicar únicamente la forma A, ya que las personas participantes no pudieron completar la forma B debido a su mayor complejidad.

Finalmente, de las 16 personas a las que se administraron las pruebas se seleccionaron las 8 que obtuvieron puntuaciones más bajas, 7 de ellos hombres y 1 mujer de edades comprendidas entre los 28 y los 43 años, siendo la media 35,35 años.

En el Anexo B, se incluyen los resultados en las pruebas de cada una de las ocho personas participantes en esta parte del proyecto. Para garantizar la confidencialidad y protección de datos de cada uno de los participantes se les asignó un código alfanumérico (EC1-EC2-EC3-EC4-EC5-EC6-EC7-EC8).


© 2025 Nokia

## 4.2 Implementación de la terapia

El programa se estructuró en tres tipos de sesiones diferentes, diseñadas con el objetivo de facilitar una adaptación progresiva a la tecnología y optimizar la eficacia de la intervención:

- Sesiones de sensibilización a la tecnología
- Sesiones de entrenamiento en el uso de la tecnología
- Sesiones de estimulación cognitiva

### 4.2.1 Sesiones de sensibilización a la tecnología

Estas sesiones iniciales tuvieron como propósito familiarizar a los participantes con el uso de dispositivos de RV, especialmente con las gafas de RV. Dado que se trataba de una tecnología novedosa para las personas participantes, se consideró fundamental generar un primer contacto que permitiera reducir posibles niveles de ansiedad o rechazo hacia los dispositivos, y favorecer una actitud positiva hacia su uso. Esto es una lección aprendida que se ha ido incluyendo en cada caso de uso y experiencia del proyecto.

Durante estas sesiones, los participantes se encontraban sentados mientras se les colocaban las gafas de realidad virtual, y se les presentaban entornos visualmente atractivos, pero no interactivos, como un bosque o una playa. Estos escenarios fueron seleccionados por su carácter calmado y estimulante, con el fin de promover una experiencia sensorial agradable, facilitar la adaptación progresiva al entorno inmersivo, y evitar una sobrecarga cognitiva o emocional. Esta aproximación gradual permitió que los participantes se acostumbraran a la percepción 360º, al campo visual ampliado, y a las sensaciones físicas derivadas del uso del dispositivo, antes de introducir tareas más complejas. Con cada participante se llevaron a cabo entre dos y tres sesiones de sensibilización en función de su adaptación.

### 4.2.2 Sesiones de entrenamiento en el uso de la tecnología

Una vez que las personas participantes se mostraron cómodas y receptivas frente a las gafas de RV, se llevaron a cabo sesiones específicas de entrenamiento técnico. El objetivo de esta fase fue que adquirieran las habilidades básicas necesarias para interactuar con los entornos virtuales de forma autónoma y segura. Se trabajó el desplazamiento dentro de los


© 2025 Nokia

escenarios, el manejo de los mandos, la orientación espacial en un entorno tridimensional, así como la comprensión de instrucciones básicas del sistema.

Cada participante realizó dos sesiones de entrenamiento, desarrolladas específicamente en los mismos escenarios virtuales que se utilizarían posteriormente durante la fase de estimulación cognitiva: una cafetería y un supermercado. Estos espacios fueron seleccionados por su relevancia funcional y cotidiana y porque eran los que más motivaban a los participantes. Previamente a su diseño se les preguntó específicamente en qué entornos les gustaría trabajar y se diseñaron en función de sus respuestas.

Durante el entrenamiento se permitió a los participantes explorar libremente, practicar movimientos básicos (caminar, girar, coger y soltar objetos con los mandos, etc.) y familiarizarse con el entorno, sin exigencias cognitivas significativas. Esta etapa fue clave para garantizar que todos los participantes alcanzaran un nivel mínimo de competencia en el manejo del sistema antes de iniciar las actividades cognitivas propiamente dichas.

### 4.2.3 Sesiones de estimulación cognitiva

Las sesiones de intervención se diseñaron para ofrecer a los participantes una experiencia inmersiva y controlada que facilitara la estimulación cognitiva a través de la RV, específicamente enfocada en mejorar la atención y el control inhibitorio. El protocolo de intervención consistió en una media de dos sesiones semanales, con una duración de 20 minutos cada una. Esta frecuencia y duración se establecieron de acuerdo con recomendaciones previas en la literatura sobre intervenciones cognitivas, con el objetivo de mantener la concentración de los participantes sin generar fatiga o saturación cognitiva.

Una vez superadas las fases de sensibilización y entrenamiento, se dio inicio a las sesiones de estimulación cognitiva propiamente dichas, desarrolladas en entornos de realidad virtual diseñados para activar distintas funciones cognitivas en un contexto funcional y significativo para las personas participantes.

Los escenarios utilizados fueron una cafetería y un supermercado, seleccionados en función de las preferencias manifestadas por las propias personas participantes, con el fin de favorecer la motivación, el compromiso con la tarea y la transferencia a situaciones de


© 2025 Nokia

inserción laboral. Cada uno de estos entornos incluía dos tareas diferenciadas, cada una de ellas con seis niveles de dificultad creciente.

- En el escenario de la cafetería, la Tarea 1 consistía en recoger platos sucios distribuidos por las mesas, mientras que la Tarea 2 implicaba servir comandas de forma precisa, identificando y entregando los productos correctos a los distintos clientes.
- En el escenario del supermercado, la Tarea 1 requería reponer productos en estanterías específicas, mientras que la Tarea 2 consistía en preparar pedidos a domicilio, seleccionando los productos correctos en función de una lista dada.

El sistema proporcionaba realimentación inmediata para facilitar el aprendizaje y el refuerzo de respuestas correctas. Ante un acierto, se mostraba un símbolo de verificación verde acompañado de un sonido característico. En caso de error, aparecía una cruz roja, con un sonido distintivo.

Además, se implementó un sistema de vidas para estructurar la dificultad: tras tres errores consecutivos, el nivel se reiniciaba automáticamente; si se perdían tres vidas, el participante regresaba al nivel anterior, promoviendo así el reaprendizaje y la consolidación de habilidades antes de avanzar nuevamente.

Las sesiones se realizaron de forma individual, en un entorno controlado, bajo la supervisión de una profesional que ofrecía apoyo únicamente si era necesario. La intervención se desarrolló en varias sesiones distribuidas a lo largo de varias semanas respetando los tiempos de atención y fatiga propios del perfil cognitivo de cada participante.

A continuación, se recoge una tabla resumen con el número total de sesiones llevadas a cabo. Se desarrollaron un total de 227 sesiones, de las cuales 16 fueron de sensibilización a la tecnología, 16 de entrenamiento en el uso de la tecnología y 195 de entrenamiento cognitivo.

| Participante | Nº Sesiones Sensibilización Tecnología | Nº Sesiones Entrenamiento | Nº Sesiones Estimulación Cognitiva |
|---|---|---|---|
| **EC1** | 2 | 2 | 24 |
| **EC2** | 3 | 2 | 24 |


© 2025 Nokia

| | | | |
|---|---|---|---|
| **EC3** | 2 | 2 | 24 |
| **EC4** | 2 | 2 | 26 |
| **EC5** | 2 | 2 | 25 |
| **EC6** | 3 | 2 | 24 |
| **EC7** | 1 | 2 | 24 |
| **EC8** | 1 | 2 | 24 |
| **TOTAL** | **16** | **16** | **195** |

**Evaluación de las sesiones**

Al finalizar cada sesión de se recogía información a través de unas preguntas de un cuestionario. Concretamente se preguntaba:

- ¿Te ha gustado la experiencia?
- ¿Veías bien la cafetería/supermercado y las cosas que había?
- ¿Cómo has hecho la tarea?
- ¿Te sentiste con confianza para hacer la tarea?
- ¿Has sentido que estabas realmente en una cafetería/supermercado?
- ¿Has sentido que podías ver todo lo que estaba pasando en la cafetería/supermercado?
- ¿Has sentido que podías tocar todas las cosas que había en la cafetería/supermercado?
- ¿Te han molestado las gafas?
- ¿Te ha parecido fácil coger los objetos?
- ¿Te has sentido seguro/a haciendo la tarea?
- ¿Has entendido bien lo que tenías que hacer?
- ¿Te has mareado?
- ¿Has sentido que podías hacer la tarea con calma?
- ¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?


© 2025 Nokia

- ¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea? ¿Cuánto?
- ¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea?

Además, las sesiones de cada uno de los participantes fueron registradas en un archivo en el que se recogía la siguiente información:

- Fecha, hora de inicio, hora de fin
- Brazo en el que se coloca la pulsera
- Posición
- Estructura de la sesión
- Observaciones participantes: se registraban sus verbalizaciones y reacciones
- Errores: número de errores, tipo de error y en qué fase se había cometido.
- Observaciones de la tecnología: se registraba si se había producido alguna incidencia durante el desarrollo de la sesión con los dispositivos utilizados.

## 4.3 Evaluación Post

Se realizó una evaluación final posterior a la experiencia para extraer conclusiones más generales que se presenta en esta sección.

### 4.3.1 Evaluación Cualitativa

Con el objetivo de valorar la experiencia de los participantes, se realizó una evaluación cualitativa mediante entrevistas estructuradas adaptadas presentadas en la Sección 3.2. Este enfoque permitió captar aspectos subjetivos y significativos desde la perspectiva de las personas usuarias, complementando así los resultados cuantitativos obtenidos.

Las preguntas fueron diseñadas y adaptadas para asegurar su comprensión y accesibilidad, atendiendo a las necesidades comunicativas de los participantes. Asimismo, se organizó el cuestionario en bloques temáticos que permitieron explorar diferentes dimensiones de la experiencia vivida durante la intervención. En primer lugar, se indagó sobre los posibles


© 2025 Nokia

cambios percibidos en sus habilidades cognitivas, con el fin de identificar mejoras o modificaciones subjetivas en atención y control inhibitorio.

Además, se exploró la valoración general que los participantes hicieron del programa, incluyendo su percepción sobre las sesiones de terapia, la duración y frecuencia de las mismas, así como aspectos relacionados con la motivación y el disfrute experimentado durante las actividades. Otro bloque importante se centró en el uso de la aplicación de realidad virtual, buscando conocer la facilidad de manejo, la interacción con el entorno virtual, el uso de los mandos y cualquier dificultad técnica o de comprensión que pudieran haber experimentado.

En relación con el aprendizaje, se indagó sobre la comprensión de las tareas propuestas y la sensación de haber adquirido nuevas habilidades o conocimientos. También se prestó atención a la carga cognitiva, es decir, la percepción de esfuerzo mental requerido para completar las actividades, con el objetivo de evaluar si el programa resultaba exigente o accesible para los usuarios.

Finalmente, se exploraron las emociones suscitadas a lo largo del programa, así como las sugerencias de mejora que los participantes quisieron aportar. Esta información permitió identificar aspectos positivos y áreas susceptibles de optimización, contribuyendo a un diseño más centrado en las necesidades y preferencias de las personas con discapacidad intelectual.

En conjunto, esta evaluación cualitativa aportó una visión integral y enriquecedora sobre la experiencia de los usuarios, facilitando una interpretación más completa del impacto y la adecuación del programa de estimulación cognitiva con RV.

### 4.3.2 Evaluación Cuantitativa

Además de la evaluación cualitativa, se llevó a cabo una evaluación cuantitativa para analizar posibles cambios objetivos en las capacidades cognitivas de los participantes. Para ello, se aplicaron nuevamente los mismos tests utilizados en la evaluación inicial (pretest), con el fin de comparar las puntuaciones obtenidas antes y después de la intervención (postest). En el


© 2025 Nokia

Anexo B, se incluyen los resultados de las pruebas post de cada una de las personas participantes.

### 4.3.3 Análisis estadístico

El presente estudio empleó un diseño cuasi-experimental con medidas repetidas, de tipo pre-post, longitudinal y prospectivo. Este tipo de diseño permite examinar los cambios intra-sujeto a lo largo del tiempo, comparando las puntuaciones obtenidas por los mismos participantes antes y después de la intervención. Dado que no se contó con un grupo de control, se optó por una aproximación cuasi-experimental, adecuada para contextos aplicados en los que la asignación aleatoria no es viable.

La naturaleza longitudinal del estudio permitió realizar un seguimiento temporal de los participantes, evaluando los efectos de la intervención cognitiva con realidad virtual. Esta metodología resulta especialmente útil en poblaciones con necesidades específicas, como las personas con discapacidad intelectual, donde los diseños rígidamente experimentales pueden no ser factibles.

Para el análisis de los datos cuantitativos, se compararon las puntuaciones obtenidas en los tests administrados en las fases pre (línea base) y post intervención, con el objetivo de detectar diferencias estadísticamente significativas. Para ello, se seleccionó la prueba *t* de Student para muestras relacionadas. Esta prueba paramétrica es adecuada para comparar dos medias relacionadas, es decir, cuando se evalúa un mismo grupo de sujetos en dos momentos diferentes.

Además, este análisis estadístico se utiliza cuando la población no sigue una distribución normal o cuando el tamaño de la muestra es pequeño (menos de 30), siendo este el caso, ya que solo disponemos de 8 observaciones para comparar. Por tanto, los resultados estadísticos en este caso de uso a través de la prueba *t* de Student son solo aplicables a la muestra de participantes y no son generalizables al resto de la población.

En el Anexo B, se presentan las tablas comparativas que recogen las puntuaciones obtenidas por las personas participantes en cada una de las pruebas administradas, tanto en la evaluación pre como en la post intervención. Estas tablas permiten visualizar de forma clara


© 2025 Nokia

las diferencias en el rendimiento cognitivo antes y después del programa de estimulación mediante realidad virtual. Junto a las tablas, se incluyen representaciones gráficas que ilustran la evolución de los resultados, facilitando la interpretación visual de los cambios observados. Asimismo, se detalla el análisis de significación estadística realizado mediante la prueba *t* de Student con el objetivo de determinar si las diferencias entre los promedios pre y post son estadísticamente significativas.

En esta sección, se presenta un resumen de los resultados, así como el análisis de significación estadística realizado para cada uno de los tests.

- **CUMANIN-2.** Se observa que todas las personas participantes, menos una, han mejorado en número de aciertos si comparamos el resultado previo con el posterior. Cabe destacar que la persona con menor mejora ha incrementado en 4 el número de aciertos, lo cual es un resultado muy positivo. En términos de tiempo, dos personas han obtenido un rendimiento menor, siendo valores no muy altos.

En la Tabla 3 y en la Tabla 4, se presentan los resultados estadísticos.

Tabla 3: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba t de Student de aciertos en el test CUMANIN-2.

| *Aciertos* | *POST* | *PRE* |
|---|---|---|
| Media | 18 | 13,625 |
| Varianza | 3,14285714 | 6,26785714 |
| Observaciones | 8 | 8 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | -0,4506176 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 7 | |
| Estadístico t | **3,37906928** | |
| P(T<=t) una cola | 0,00588682 | |
| Valor crítico de t (una cola) | **1,89457861** | |

El valor del estadístico t obtenido tras la prueba *t* de Student para muestras emparejadas es de 3,38. El nivel de significación asumido es del 5%, es decir α = 0,05. El valor crítico de t es


© 2025 Nokia

de 1,89. Como el estadístico T tiene un valor de 3,38, T > valor crítico de t, es decir, se puede concluir que la diferencia en el número de aciertos pre-post es estadísticamente significativa.

Tabla 4: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba t de Student de tiempo en el test CUMANIN-2.

| *Tiempo* | *PRE* | *POST* |
|---|---|---|
| Media | 60 | 58,375 |
| Varianza | 0 | 12,5535714 |
| Observaciones | 8 | 8 |
| | | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 7 | |
| **Estadístico t** | **1,29722321** | |
| P(T<=t) una cola | 0,11783476 | |
| Valor crítico de t (una cola) | **1,89457861** | |

El valor del estadístico t obtenido tras la prueba *t* de Student para muestras emparejadas es de 1,29. El nivel de significación asumido es del 5%, es decir α = 0,05. El valor crítico de t es de 1,89. Como el estadístico T tiene un valor de 1,29 T < valor crítico de t, es decir, se puede concluir que la diferencia en el tiempo empleado en la realización de la prueba en pre post no es estadísticamente significativa.

- **CAMCOG.** Se observa que tres de las personas participantes han experimentado una mejoría. La Tabla 5 presenta los resultados estadísticos.

Tabla 5: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba t de Student de aciertos en el test CAMCOG.

| *Aciertos* | *POST* | *PRE* |
|---|---|---|
| Media | 8,625 | 8,125 |
| Varianza | 0,26785714 | 0,41071429 |
| Observaciones | 8 | 8 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,16151457 | |


© 2025 Nokia

| | |
|---|---|
| Diferencia hipotética de las medias | 0 |
| Grados de libertad | 7 |
| Estadístico t | **1,87082869** |
| P(T<=t) una cola | 0,05177586 |
| Valor crítico de t (una cola) | **1,89457861** |

El valor del estadístico t obtenido tras la prueba *t* de Student para muestras emparejadas es de 1,87. El nivel de significación asumido es del 5%, es decir α = 0,05. El valor crítico de t es de 1,89. Como el estadístico T tiene un valor de 1,87 T < valor crítico de t, es decir, se puede concluir que la diferencia en el número de aciertos entre el pre y post no es estadísticamente significativa.

- **CARAS –R.** Se observa que 5 personas han mejorado el número de aciertos, pero lo que es más destacable es la reducción de errores de 5 personas (además de una persona que ha mantenido el resultado de su test sin errores) ya que dos personas han pasado de tener 43 errores a tener 10 y de 21 a 14. En la Tabla 6 y en la Tabla 7, se presentan los resultados estadísticos.

Tabla 6: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba *t* de Student de aciertos en el test CARAS-R.

| *Aciertos* | *PRE* | *POST* |
|---|---|---|
| Media | 16 | 15,375 |
| Varianza | 73,7142857 | 48,8392857 |
| Observaciones | 8 | 8 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,71427053 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 7 | |
| Estadístico t | **0,29125233** | |
| P(T<=t) una cola | 0,38964973 | |
| Valor crítico de t (una cola) | **1,89457861** | |


© 2025 Nokia

El valor del estadístico t obtenido tras la prueba T de Student para muestras emparejadas es de 0,29. El nivel de significación asumido es del 5%, es decir α = 0,05. El valor crítico de t es de 1,89. Como el estadístico T tiene un valor de 0,29 < valor crítico de t, es decir, se puede concluir que la diferencia en el número de aciertos entre el pre y post no es estadísticamente significativa.

Tabla 7: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba *t* de Student de errores en el test CARAS-R.

| *Errores* | *PRE* | *POST* |
|---|---|---|
| Media | 14,875 | 5,5 |
| Varianza | 283,267857 | 23,4285714 |
| Observaciones | 8 | 8 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,72335978 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 7 | |
| Estadístico t | **1,92961246** | |
| P(T<=t) una cola | 0,04748825 | |
| Valor crítico de t (una cola) | **1,89457861** | |

El valor del estadístico t obtenido tras la prueba *t* de Student para muestras emparejadas es de 1,92. El nivel de significación asumido es del 5%, es decir α = 0,05. El valor crítico de t es de 1,89. Como el estadístico T tiene un valor de 1,92, T > valor crítico de t, es decir, se puede concluir que la diferencia en el número de errores pre-post es estadísticamente significativa.

Por tanto, en esta prueba el incremento en el número de aciertos entre el pre y el post no es estadísticamente significativa, pero sí lo es la disminución del número de errores. Esto indica que los participantes han respondido de manera menos impulsiva al realizar la prueba en la evaluación post con respecto a la evaluación pre.

- **Cats and Dogs.** Se observa que 4 personas han mejorado el número de aciertos habiendo mantenido el resto el mismo resultado en el test previo y posterior. Contando con que los resultados de los que se partían eran bastante altos, este resultado podía ser esperado y, en cualquier caso, es muy positivo. En cuanto a los


© 2025 Nokia

resultados de tiempos, se aprecia una disminución en 6 personas. Una de las personas participante ha empeorado su tiempo en 5 segundos y otra se ha mantenido. Teniendo en cuenta que se está midiendo en segundos, los resultados son muy positivos. En la Tabla 9 y en la Tabla 8, se presentan los resultados estadísticos.

Tabla 8: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba t de Student de aciertos en el test Cats and dogs.

| *Aciertos* | *POST* | *PRE* |
|---|---|---|
| Media | 15 | 13,125 |
| Varianza | 2,571428571 | 19,55357143 |
| Observaciones | 8 | 8 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,846157039 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 7 | |
| Estadístico t | **1,666666667** | |
| P(T<=t) una cola | 0,069759792 | |
| Valor crítico de t (una cola) | **1,894578605** | |

El valor del estadístico t obtenido tras la prueba *t* de Student para muestras emparejadas es de 1,66. El nivel de significación asumido es del 5%, es decir α = 0,05. El valor crítico de t es de 1,89. Como el estadístico T tiene un valor de 1,66 < valor crítico de t, es decir, se puede concluir que la diferencia en el número de aciertos entre el pre y post no es estadísticamente significativa.

Tabla 9: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba t de Student de tiempos en el test Cats and dogs.

| *Tiempo* | *PRE* | *POST* |
|---|---|---|
| Media | 39,75 | 25,625 |
| Varianza | 1095,64286 | 110,839286 |
| Observaciones | 8 | 8 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,50063957 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |


© 2025 Nokia

| | |
|---|---|
| Grados de libertad | 7 |
| Estadístico t | **1,36427782** |
| P(T<=t) una cola | 0,10735934 |
| Valor crítico de t (una cola) | **1,89457861** |

El valor del estadístico t obtenido tras la prueba *t* de Student para muestras emparejadas es de 1,36. El nivel de significación asumido es del 5%, es decir α = 0,05. El valor crítico de t es de 1,89. Como el estadístico T tiene un valor de 1,36 < valor crítico de t, es decir, se puede concluir que la diferencia en el tiempo entre el pre y post no es estadísticamente significativa.

- **Trail Making Test Forma A.** Se observa que todas las personas participantes han reducido los tiempos, siendo una gran mejoría. En la Tabla 10 se presentan los resultados estadísticos.

Tabla 10: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba *t* de Student de tiempos en el test Trail Making Test Forma A.

| *Tiempo* | *PRE* | *POST* |
|---|---|---|
| Media | 104,625 | 77,875 |
| Varianza | 943,410714 | 1271,26786 |
| Observaciones | 8 | 8 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,70514583 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 7 | |
| Estadístico t | **2,92254993** | |
| P(T<=t) una cola | 0,01112953 | |
| Valor crítico de t (una cola) | **1,89457861** | |

El valor del estadístico t obtenido tras la prueba *t* de Student para muestras emparejadas es de 2,92. El nivel de significación asumido es del 5%, es decir α = 0,05. El valor crítico de t es de 1,89. Como el estadístico T tiene un valor de 2,92 T > valor crítico de t, es decir, se puede concluir que la diferencia en el tiempo empleado entre pre –post es estadísticamente significativo.


© 2025 Nokia

## 4.4 Conclusiones y líneas futuras

A pesar de que no todas las diferencias cuantitativas en los tests aplicados en el pre –post alcanzaron significación estadística, en todas las medidas evaluadas se apuntó una tendencia de mejora. Se observó un aumento en el número de aciertos y una reducción del tiempo de respuesta en todas las tareas implementadas. Este patrón indica un progreso general en precisión y velocidad, aunque algunos cambios no fueran suficientemente estables para alcanzar criterios de significación estadística.

La realidad virtual permitió que las personas participantes aprendieran sin temor al error. La posibilidad de repetir tareas cuantas veces fuese necesario, sin consecuencias reales adversas, eliminó la ansiedad asociada al fracaso, tan presente en entornos reales. Este enfoque experimental les brindó la seguridad de equivocarse, analizar sus errores y volver a intentarlo sin juicio, lo que fomentó un clima de confianza y exploración segura que potenció el aprendizaje.

Otra de las ventajas principales fue la adaptación progresiva de los niveles de dificultad**,** ajustándose a las capacidades individuales y a la velocidad de evolución de cada persona. Este ajuste personalizado, tanto en complejidad como en ritmo, permitió que los participantes avanzaran paso a paso: cada logro reforzaba su autoconfianza y les motivaba para seguir avanzando, evitando tanto la frustración por tareas demasiado difíciles como el aburrimiento por tareas demasiado sencillas.

El resultado fue un notable incremento en la motivación, compromiso y constancia. Los participantes se implicaron de forma sostenida, demostrando mayor esfuerzo en la práctica continuada de las tareas.

Además, más allá de los objetivos principales (atención y control inhibitorio), se observaron resultados no esperados tales como mejoras emocionales y motivacionales:

- Incremento de la autoestima**:** al principio, algunos participantes mostraban recelo ante la tecnología, considerándola difícil o inaccesible. Sin embargo, a lo largo de la intervención, comprobaron que podían usarla, comprenderla y disfrutarla.


© 2025 Nokia

- Cambio de percepción de la tecnología: pasaron de ver la realidad virtual como una barrera a considerarla una herramienta útil, divertida y motivadora. Este giro en la percepción tecnológica contribuye a reducir la brecha digital y aumentar la inclusión.
- Autonomía en la planificación temporal: los participantes comenzaron a recordar los horarios de las sesiones y acudir sin necesidad de recordatorio por parte de la terapeuta, lo que refleja una mejora en la gestión del tiempo y la organización personal.

Por tanto, podemos afirmar que la tecnología dejó de ser una barrera para convertirse en un medio para demostrar su capacidad de aprender cosas nuevas y superar retos.

En definitiva, este trabajo evidencia que una tecnología bien adaptada, centrada en el usuario, puede ser una herramienta verdaderamente inclusiva, motivadora y con impacto real en el bienestar emocional y cognitivo de personas con discapacidad intelectual. No sólo facilita el logro de objetivos terapéuticos, sino que también fomenta su confianza, autonomía y motivación, fundamentales para lograr una oportunidad de formación y/o futura inserción laboral.

A partir de la experiencia recogida durante la implementación de este programa, se identifican una serie de mejoras potenciales y líneas futuras de investigación que podrían reforzar la eficacia y aplicabilidad de este tipo de intervenciones.

Una de las primeras áreas susceptibles de mejora es la personalización dinámica de los contenidos. Sería interesante incluir un mayor repertorio de escenarios laborales personalizados, de acuerdo con los intereses y contextos individuales de cada usuario, con el fin de fortalecer la transferencia de aprendizajes al entorno de trabajo real.

Otra línea de mejora implica ampliar el rango de perfiles de usuarios. El presente programa ha sido diseñado y validado con un grupo con discapacidad intelectual leve o moderada, lo cual deja abiertas preguntas sobre su uso en personas con mayores necesidades de apoyo. Explorar cómo adaptar la interfaz, los estímulos y los dispositivos para personas con mayores dificultades cognitivas, sensoriales o motoras es un paso fundamental hacia una tecnología verdaderamente inclusiva.


© 2025 Nokia

Por otro lado, aunque los resultados inmediatos fueron positivos, es necesario realizar estudios longitudinales que analicen el mantenimiento de los aprendizajes adquiridos a medio y largo plazo, así como su transferencia funcional a contextos laborales reales. Sería pertinente explorar en qué medida las mejoras observadas en el entorno virtual se traducen en un mayor desempeño en tareas reales, como realizar una reposición en el supermercado o trabajar en una cafetería.

Una limitación importante que considerar en la interpretación de los resultados obtenidos es el tamaño de la muestra. En este caso, la intervención fue implementada con un total de ocho participantes, lo que, si bien ha permitido realizar un análisis detallado y un seguimiento individualizado, reduce la generalización de los hallazgos a otras poblaciones con discapacidad intelectual. El número de sujetos no permite extrapolar con solidez estadística los efectos observados al conjunto de la población con discapacidad intelectual, especialmente considerando la amplia heterogeneidad de este colectivo en cuanto a perfiles cognitivos, niveles de apoyo requerido, experiencias previas con tecnología y contexto social o educativo. Sin embargo, los estudios de muestra pequeña también aportan información valiosa en fases exploratorias o de diseño e implementación inicial, como es el caso del presente proyecto. En esta etapa, la prioridad ha sido evaluar la viabilidad del programa**,** comprobar su aceptación y usabilidad, y observar los primeros efectos cognitivos y emocionales**.**

De cara a investigaciones futuras, sería recomendable realizar estudios con muestras más amplias y diversas, que incluyan personas con discapacidad intelectual en distintos grados, y variabilidad en cuanto a edad y género. Esto permitiría obtener datos más robustos, identificar subgrupos que se beneficien especialmente de ciertas adaptaciones y evaluar la eficacia del programa con mayor poder estadístico.

Además, la ampliación de la muestra permitiría aplicar diseños experimentales más complejos, por ejemplo, incluyendo grupos control (como intervenciones tradicionales de lápiz y papel o intervenciones con el ordenador).

Por tanto, si bien el tamaño de muestra representa una limitación metodológica inherente en esta fase del estudio, los resultados obtenidos constituyen una base sólida para el desarrollo y validación de futuros programas de realidad virtual.


© 2025 Nokia

En conclusión, las líneas propuestas invitan a seguir desarrollando intervenciones de realidad virtual desde una perspectiva centrada en la persona, con alto valor ecológico y con un enfoque interdisciplinario. La mejora continua del diseño, la evaluación a largo plazo y la inclusión de más perfiles de usuarios y contextos permitirá avanzar hacia soluciones tecnológicas accesibles y sostenibles, que favorezcan el bienestar, la autonomía y la integración social de las personas con discapacidad intelectual.


© 2025 Nokia

# 5 Teleformación: curso de cocina

## 5.1 Adaptación de la aplicación y la red

El curso de teleformación en cocina se desarrolló en las instalaciones del centro formativo y centro ocupacional de la Fundación Juan XXIII. Los alumnos desarrollaron sus clases en el piso de entrenamiento del centro ocupacional Fundación, de forma análoga a lo que sería la cocina de su propia casa, mientras que la profesora se situaba en las instalaciones del centro formativo (cocinas o centro de rehabilitación laboral). Por motivos de organización interna de funcionamiento de la Fundación, algunas sesiones que no requerían uso del horno se realizaron en la sala de informática en lugar de en el piso de entrenamiento. La siguiente figura muestra un diagrama de los espacios físicos y su conectividad.

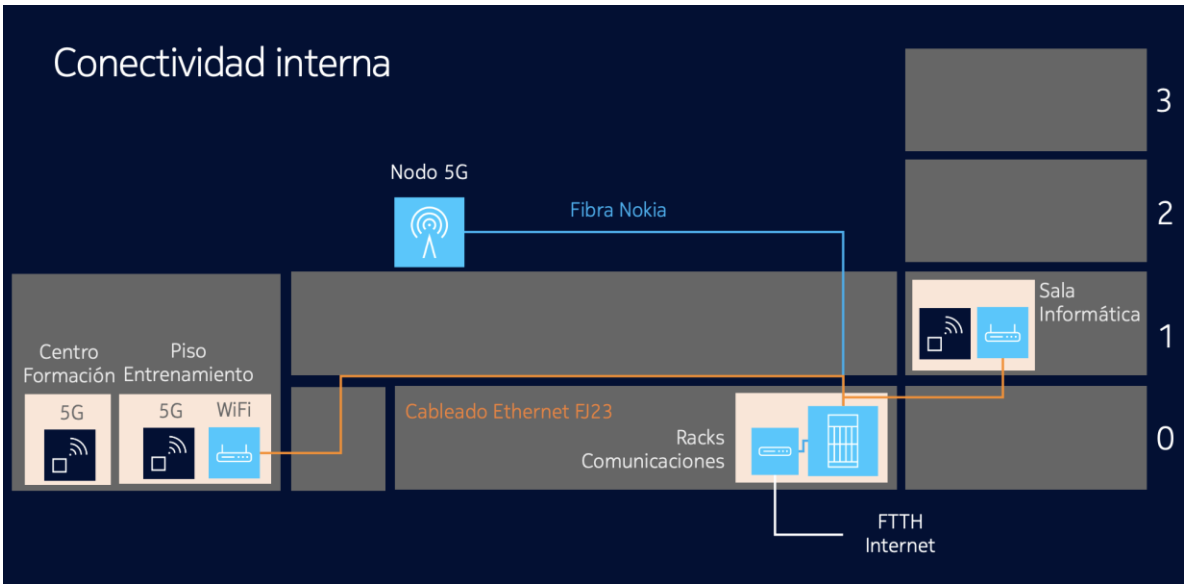



Figura 120: Conectividad interna y localizaciones en la Fundación Juan XXIII para el desarrollo de la teleformación.

Para el desarrollo del caso de uso de teleformación en cocina, se llevó a cabo la creación de tres aplicaciones complementarias: una aplicación de control, una de visualización en realidad extendida, y un sistema de telepresencia 360° basado en la tecnología SNOWL de Nokia. En conjunto, estas herramientas fueron diseñadas para facilitar la interacción remota entre la


© 2025 Nokia

terapeuta y el usuario, posibilitando la formación práctica en entornos domésticos o controlados.

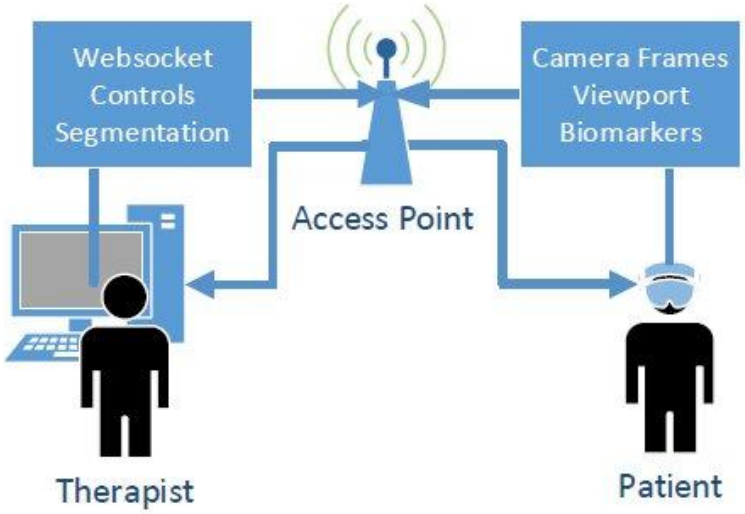



Figura 121: Arquitectura general del sistema de teleformación, mostrando la relación entre las aplicaciones de control, visualización y telepresencia, el servidor intermedio y las conexiones VPN.

La aplicación de visualización está orientada a la persona usuaria y permite acceder y reproducir píldoras formativas relacionadas con las tareas de cocina. Estas píldoras pueden visualizarse de dos maneras distintas:

- Realidad Aumentada (RA): donde los contenidos digitales se superponen a la realidad física, integrando instrucciones o demostraciones directamente sobre los objetos reales. Un ejemplo de esta visualización se presenta en la Figura 122.


© 2025 Nokia

Figura 122: Ejemplo de visualización de una píldora formativa en Realidad Aumentada sobre una superficie de trabajo en cocina.

- Visualización 360°: en la que la persona visualiza el contenido inmersivo con las gafas de RV abarcando todo su campo de visión mediante vídeos esféricos que permiten explorar el entorno formativo desde cualquier ángulo. Un ejemplo de esta visualización sería la Figura 123.

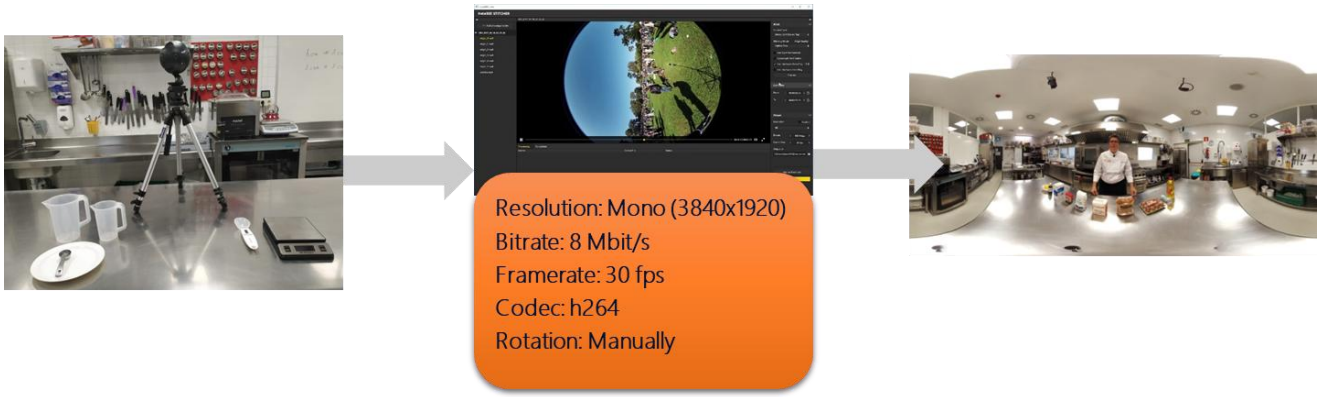



Figura 123: Captura de un entorno de visualización 360°, mostrando la experiencia inmersiva.

Por otro lado, la aplicación de control (ver Figura 124) está destinada a la terapeuta o formadora, y permite gestionar y supervisar la sesión. A través de esta herramienta, la terapeuta puede visualizar en tiempo real lo que la persona usuaria está viendo y controlar el avance de los contenidos, garantizando así un acompañamiento personalizado y adaptado al ritmo de aprendizaje de cada persona.


© 2025 Nokia

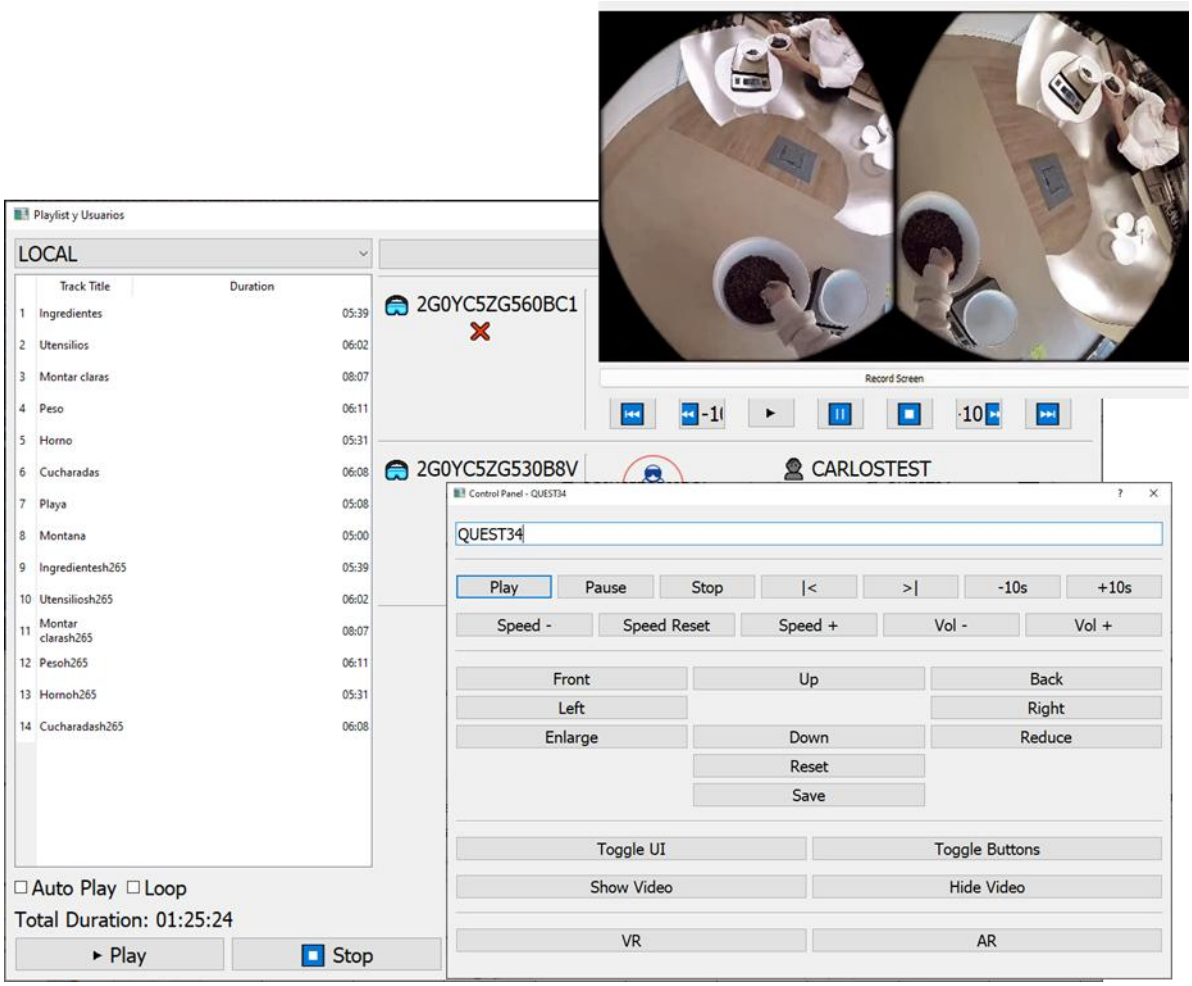



Figura 124: Interfaz de la aplicación de control de la terapeuta, con opciones de supervisión y control del contenido visualizado por la persona usuaria.

El sistema de telepresencia 360° SNOWL de Nokia complementa este conjunto de herramientas al permitir la presencia remota de la formadora dentro del entorno de práctica. Este sistema utiliza una cámara 360° instalada en el espacio físico del usuario y las gafas XR de la terapeuta, permitiendo que la formadora observe en tiempo real el entorno de trabajo del participante y ofrezca indicaciones directas, simulando una supervisión presencial en el aula, tal y como se presenta en la Figura 125.


© 2025 Nokia

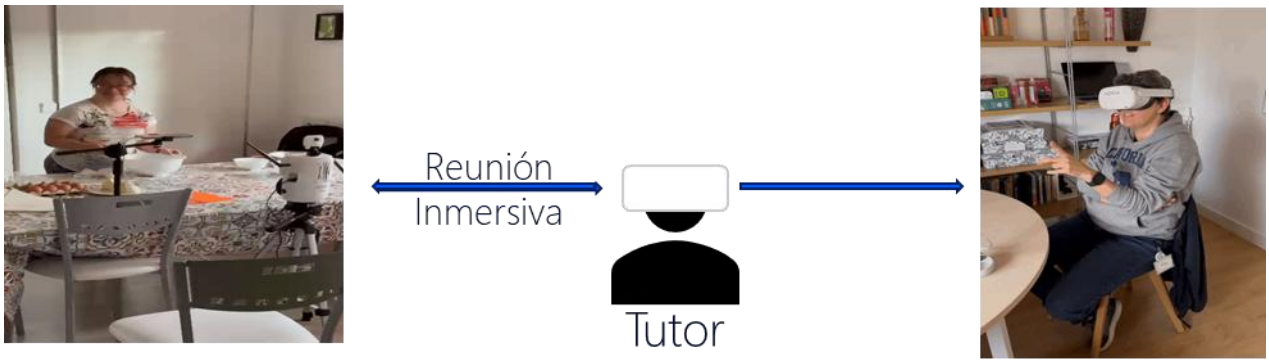



Figura 125: Esquema de funcionamiento del sistema SNOWL, mostrando la cámara 360°, la conexión remota y la visualización del entorno por parte de la formadora a través de las gafas XR.

Con el fin de garantizar la comunicación entre las tres aplicaciones, se desarrolló un sistema de interconexión mediante un servidor intermedio alojado en la Fundación Juan XXIII Roncalli. Este servidor actúa como punto central de intercambio de datos entre las herramientas, y se configuró para que la comunicación pudiera establecerse a través de Redes Privadas Virtuales (VPNs), lo que permite conexiones seguras y cifradas desde ubicaciones externas, como el domicilio de los usuarios. Este diagrama de flujo de comunicación se presenta en la Figura 126.

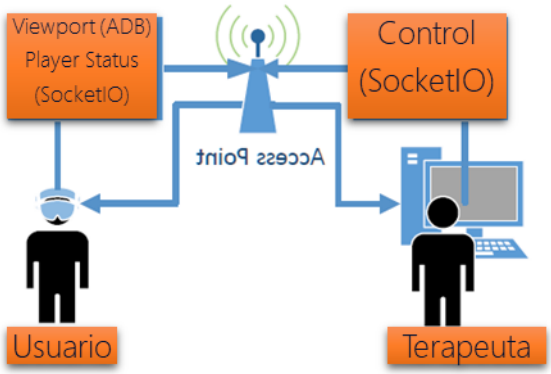



Figura 126: Diagrama del flujo de comunicación entre las aplicaciones de control, visualización y telepresencia a través del servidor intermedio y la conexión VPN.


© 2025 Nokia

Aunque esta funcionalidad no ha sido probada en un entorno doméstico, la infraestructura desarrollada lo hace técnicamente posible, ampliando el potencial de uso remoto de la plataforma.

**Equipamiento utilizado**

Para el desarrollo del caso de uso de teleformación en cocina se empleó un conjunto de dispositivos y herramientas cuidadosamente seleccionados, orientados a cubrir tanto las necesidades inmersivas de las personas usuarias como las de control y supervisión por parte de la formadora.

Figura 127: Conjunto general del equipamiento XR utilizado en las sesiones de teleformación.

Como dispositivo de XR, se utilizó el HMD Meta Quest 3 (ver Figura 127, derecha), que sirvió como herramienta principal para toda la experiencia inmersiva de los usuarios. Estas gafas fueron empleadas en las distintas fases del proceso:

- Para la visualización de las píldoras formativas en modo inmersivo 360°.
- Durante el entrenamiento en realidad aumentada, permitiendo superponer contenidos digitales sobre el entorno físico de cocina.
- En las sesiones de práctica autónoma, donde las personas participantes podían seguir instrucciones directamente en su entorno real.

Por su parte, el equipo de la formadora empleó el HMD Meta Quest 2 (ver Figura 127, izquierda), utilizado para la supervisión remota del entorno de práctica del usuario a través del sistema de telepresencia 360° SNOWL de Nokia, que se puede observar en la Figura 128


© 2025 Nokia

y en la Figura 129. Esta configuración permitió la comunicación bidireccional y la observación en tiempo real, simulando la presencia de la formadora en el espacio de trabajo de la persona participante en teleformación en cocina. El dispositivo se utilizó sobre un trípode con ruedas para que las personas participantes lo pudieran mover por la cocina si así lo requería la profesora. Adicionalmente, en teleformación en cocina también se utilizó la herramienta de la lupa, presentada con anterioridad y evaluada en el caso de uso de telepresencia.

Figura 128: Ejemplo de utilización del prototipo Snowl de Nokia en una sesión de teleformación en cocina.

Figura 129: Ejemplo de utilización del prototipo Snowl y la lupa en una sesión de teleformación en cocina.


© 2025 Nokia

Además, se utilizó un ordenador de control, desde el cual la formadora podía gestionar el desarrollo de las sesiones. Este ordenador se comunicaba con un servidor central donde se alojaban los contenidos formativos, y contaba con una aplicación específica, presentada previamente en la Figura 124, desarrollada en Python y Qt que permitía visualizar y manejar en tiempo real la actividad del usuario, incluyendo la selección de píldoras, el seguimiento del progreso y el control del flujo de contenidos.

Otro componente fundamental del equipamiento fueron los utensilios y materiales de cocina, utilizados durante las sesiones prácticas para la elaboración de las recetas propuestas en las píldoras formativas. Estos elementos físicos resultaron esenciales para reforzar el carácter aplicado y realista del aprendizaje en cocina.

Finalmente, las sesiones interactivas se desarrollaron principalmente en la cocina del piso formativo perteneciente a la Fundación Juan XXIII Roncalli, un entorno especialmente adaptado para actividades de aprendizaje práctico y simulaciones de autonomía doméstica, tal y como se puede observar en la Figura 130.

Figura 130: Cocina del piso formativo de la Fundación Juan XXIII utilizada para las sesiones de teleformación.


© 2025 Nokia

## 5.2 Grabación y preparación de contenidos

El curso de cocina fue adaptado a este caso de uso, al tiempo y al perfil de las personas que iban a participar en la formación. De esta forma, se identificaron unos vídeos píldora utilizados para aprender las nociones necesarias para la elaboración de la receta final y el vídeo de la receta final. Concretamente, la formación comienza con la grabación del vídeo para identificar ingredientes y utensilios, continúa con el vídeo de aprender el manejo del horno y, por último, el manejo del peso. El vídeo de la receta fue de la realización de magdalenas. La característica de este es que la duración es mayor y para mantener la atención de los/as estudiantes se decidió segmentar en clips de menor duración.

Para la grabación de las píldoras formativas, se utilizó la cámara 360° Insta360 Pro 2, que permitió capturar contenido inmersivo de alta calidad con una perspectiva completa del entorno de cocina. Gracias a este dispositivo, los usuarios pudieron experimentar las píldoras desde un punto de vista envolvente, facilitando la comprensión de los procesos culinarios y la sensación de presencia dentro de la clase.

Figura 131: Cámara Insta360 Pro 2 utilizada para la grabación de las píldoras formativas.

La grabación de los vídeos está presentada con mayor detalle en el entregable E3.2, así como de las adaptaciones que se hicieron durante el post-procesado para facilitar el seguimiento de estos.


© 2025 Nokia

## 5.3 Pruebas piloto y evaluación

El planteamiento de la teleformación se estructuró en cuatro fases progresivas orientadas a facilitar la adaptación tecnológica, la asimilación de contenidos y la autonomía del usuario en el entorno de teleformación en cocina. Un esquema de las fases consideradas se presenta en la Figura 132. Dependiendo de la fase y del tema en el que se trabajaba algunas sesiones se realizaron en parejas para practicar la elaboración en cadena, fundamental en entornos laborales de cocina.

Figura 132: Cuatro fases progresivas en las que se estructuró la teleformación en cocina.

- **Sensibilización con la tecnología.** En esta primera fase, las personas participantes debían familiarizarse con el uso de las gafas de XR, acostumbrándose a percibir la realidad física a través de las cámaras del dispositivo. El objetivo era reducir la posible desorientación inicial y mejorar la comodidad en el manejo del entorno virtual. La Figura 133 muestra un ejemplo del campo de visión de una persona participante mientras veía el entorno a través del HMD así como sus manos. Cabe notar que estas


© 2025 Nokia

sesiones fueron realizadas en el piso formativo para que también se acostumbraran al entorno en el que iban a ser las sesiones de cocina.

Figura 133: Sesión de sensibilización con las gafas XR, mostrando la vista mixta entre entorno real y virtual.

- **Visualización de píldoras formativas.** Una vez adquirida cierta soltura con la tecnología, las personas participantes pasaban a visualizar las píldoras formativas en modo 360° inmersivo, permaneciendo sentadas y sin referencia visual al entorno físico (solo podían ver sus manos). Esta fase simulaba el contexto de una clase teórica, como se puede ver en la Figura 134, fomentando la atención y la comprensión de los procedimientos de cocina.


© 2025 Nokia

Figura 134: Ejemplo de experiencia inmersiva 360° en la visualización de una píldora formativa.

- **Realización de la práctica supervisada.** En la tercera fase se incorporó la tecnología de telepresencia Snowl de Nokia (ver Figura 125), que permitía a la profesora supervisar remotamente una clase en tiempo real. De este modo, la profesora podía observar el desempeño del usuario/a, ofrecer correcciones y guiar la práctica, reproduciendo la dinámica de una clase práctica presencial. Siempre que ha sido posible se ha llevado a cabo una evaluación final con el sistema Snowl, que sería esta misma configuración pero en la que el/la estudiante debe realizar el procedimiento de manera autónoma, como si fuera un examen final.
- **Práctica autónoma en casa.** Finalmente, las personas participantes podían practicar de forma independiente, utilizando el modo de RA para visualizar las mismas píldoras formativas superpuestas sobre su entorno físico a través de las gafas XR, tal y como se observa en la figura 133. Esta fase fomentaba la consolidación de aprendizajes y la repetición autónoma de tareas.


© 2025 Nokia

Figura 135: Ejemplo de práctica en modo Realidad Aumentada en entorno doméstico, con las píldoras superpuestas al espacio real de cocina.

Estas cuatro etapas permitieron una progresión natural del aprendizaje, pasando de la adaptación tecnológica inicial a la práctica autónoma, integrando de forma coherente las distintas modalidades de realidad extendida y las herramientas de telepresencia en un proceso formativo continuo y supervisado.

## 5.4 Realización y seguimiento del programa

La ejecución del programa de teleformación en cocina incluyó una planificación estructurada de sesiones, la recopilación de datos de interacción durante el uso de las aplicaciones y una serie de adaptaciones técnicas y de diseño derivadas de la evaluación continua del proceso. A continuación, se detallan las principales subsecciones asociadas a esta fase del proyecto.

### 5.4.1 Datos recopilados

Durante todas las fases en las que se ha utilizado XR, se han recopilado datos de orientación y posicionamiento que permiten analizar el comportamiento de la persona que lleva el HMD dentro de las experiencias inmersivas y de realidad aumentada.

En las sesiones de visualización de vídeo 360° y de terapia formativa, se registraron los datos de orientación de la cabeza, que incluyen:

- El instante temporal exacto en el que se registró la muestra.


© 2025 Nokia

- La posición y orientación con seis Grados de Libertad (6DoF) del casco de Realidad Extendida.

En las fases más interactivas, aquellas en las que las personas participantes manipulaban objetos o interactuaban con elementos virtuales, también se almacenaron los datos de posición de las manos gracias al sistema de seguimiento de manos integrado en los dispositivos Meta Quest, tal y como se ejemplifica en la Figura 136. Estos registros se realizaron con una frecuencia de muestreo de 200 milisegundos, capturando la posición de las 21 articulaciones de ambas manos.

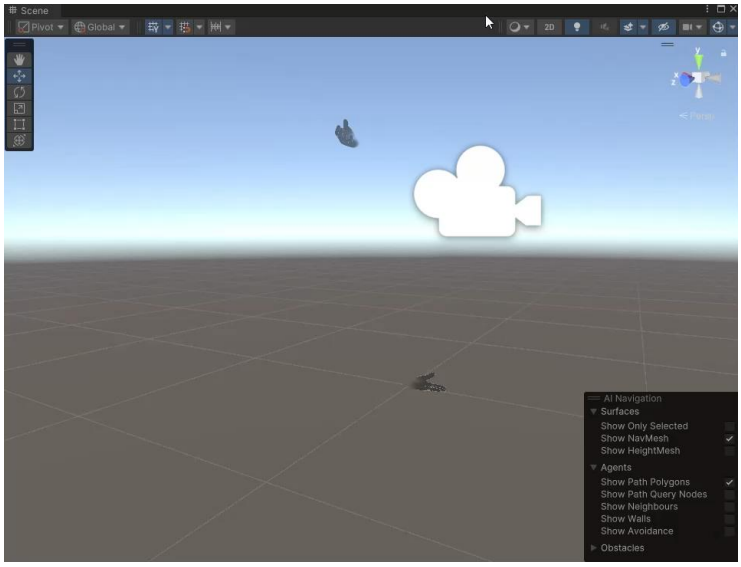



Figura 136: Ejemplo de representación de los puntos de articulación capturados mediante seguimiento de manos.

A modo ilustrativo, en la Figura 137, se incluirán ejemplos de los logs generados por el sistema, que recogen la información mencionada y permiten un análisis posterior de las sesiones.

LOOK_AT,349,7876,353,6276,1,228505,POSITION,-0,03478767,1,277993,-0,01297951

Figura 137: Ejemplo de visualización de los datos de orientación de cabeza.

Estos datos permitirán, en la fase de análisis, identificar qué vídeos o actividades resultan más interactivos o atractivos para las personas participantes y, en un futuro, podrían servir


© 2025 Nokia

para evaluar automáticamente el grado de implicación y atención durante la formación autónoma. Esto se lograría comparando los patrones de interacción de nuevos participantes con aquellos observados en sesiones supervisadas por terapeutas.

Tras las sesiones comparamos los

**Sesiones y temporización**

El programa, como ya se ha comentado, se desarrolló a lo largo de varias sesiones que incluyeron diferentes modalidades de interacción:

- Visualización de vídeos 360°, centradas en la observación de las píldoras formativas.
- Prácticas en Realidad Extendida, en las que se integraban los contenidos digitales con el entorno físico.
- Sesiones supervisadas (práctica guiada o autónoma, evaluación final,) mediante telepresencia SNOWL, en las que la formadora participaba remotamente en tiempo real.

Durante cada tipo de sesión se registraron tiempos de ejecución y duración total, tanto de la reproducción de contenidos como de las actividades prácticas. Estos datos permitirán correlacionar la duración con el nivel de interacción y con las posibles dificultades encontradas por las personas participantes. Un ejemplo de visualización a partir de estos registros se muestra en la Figura 138.


© 2025 Nokia

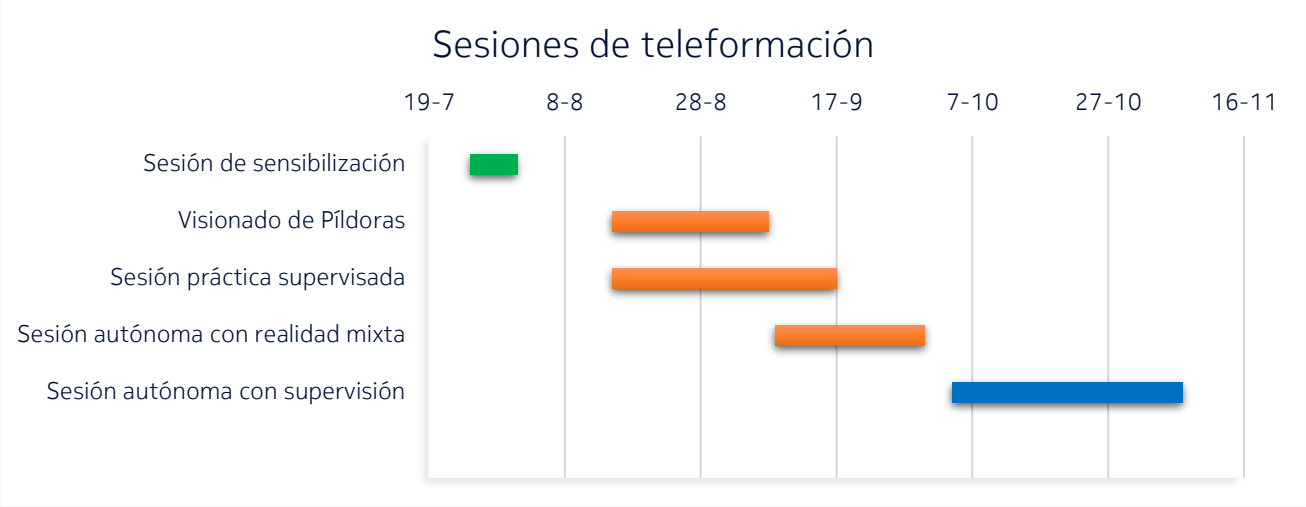



Figura 138: Gráfico de distribución temporal de las sesiones de formación.

Además, por parte de las terapeutas se realizó una evaluación posterior a cada sesión, con el fin de medir la comprensión de los contenidos y la efectividad de la experiencia. Entre las herramientas utilizadas se incluyeron formularios tipo test, donde los usuarios debían unir flechas para relacionar conceptos o pasos de una receta, actuando como pequeños exámenes sobre las píldoras visualizadas —ya fueran en Realidad Extendida o en Realidad Virtual pura (vídeo 360° completo)—.

Asimismo, se emplearon test subjetivos contestados con la escala basada en emoticonos, una adaptación visual de la escala Likert, previamente explicada y testeada en este proyecto. Este método permitió obtener una valoración emocional y de satisfacción sobre la experiencia vivida. Se reutilizaron las mismas preguntas de evaluación ya establecidas en los programas previos de teleformación.

Finalmente, se recopilaron también datos cualitativos a través de los cuestionarios con participantes, con el fin de obtener información complementaria sobre la percepción del aprendizaje, las dificultades técnicas encontradas y la aceptación general del uso de la tecnología en el contexto formativo.

**Adaptaciones**

A lo largo del desarrollo del programa, fue necesario realizar diversas adaptaciones en la interfaz y los mecanismos de interacción de las aplicaciones en Realidad Extendida. Uno de


© 2025 Nokia

los principales retos surgió con los botones interactivos que permitían controlar la reproducción y manipulación de los vídeos formativos.

El desafío no estuvo únicamente en la detección de gestos mediante seguimiento de manos, sino también en la posición y apariencia visual de los botones, factores que afectaban directamente a su usabilidad. En la primera iteración del diseño, los usuarios presentaron dificultades para leer el texto de los botones, lo que limitaba la comprensión de las funciones disponibles.

Posteriormente, se rediseñaron los elementos interactivos reduciendo su número e incorporando iconografía más familiar, inspirada en las principales plataformas de distribución de contenido audiovisual. Esta adaptación mejoró significativamente la comprensión y la fluidez en la interacción.

Además, se ajustaron la posición y el tamaño de los botones para evitar interferencias con los movimientos naturales de las manos durante la realización de las recetas. Dado que las posturas y gestos varían según la tarea, este ajuste fue esencial para asegurar una experiencia ergonómica y coherente con la actividad formativa (ver Figura 139 y Figura 140).

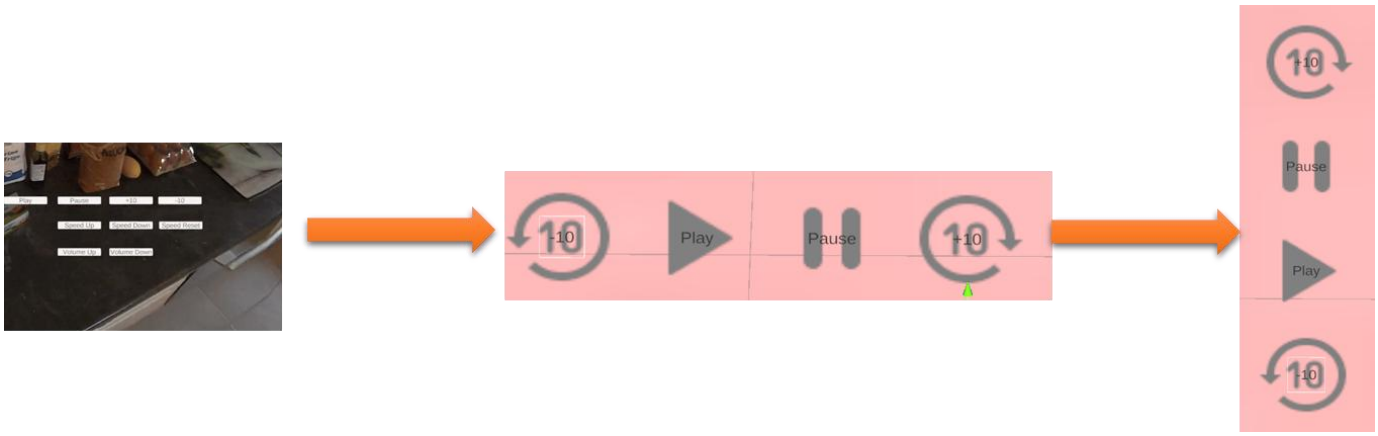



Figura 139: Evolución en el diseño de los botones.


© 2025 Nokia

Figura 140: Evolución del diseño de los botones interactivos y su posición en el entorno de Realidad Extendida.

## 5.5 Análisis de los resultados

Durante el desarrollo del caso de uso de teleformación en cocina se ha podido validar la arquitectura propuesta para este caso de uso: 1) La integración de la aplicación de control, 2) la visualización del *viewport* del usuario, 3) La aplicación de visualización interactiva de contenidos inmersivos y 4) el sistema de telepresencia *Snowl*. Estos elementos fueron desarrollados e interconectados mediante un servidor intermedio y comunicaciones seguras dentro de la misma organización. La arquitectura demostró su funcionalidad al permitir tanto la formación individual (utilizando las gafas XR) como supervisada (mediante la supervisión remota de la formadora con Snowl). Esto demuestra que la solución es adecuada para escenarios de formación remota en entornos controlados y potencialmente extrapolable a contextos domésticos.

Desde el punto de vista de la experiencia de usuario, la estructura del programa en cuatro fases progresivas resultó clave para facilitar la adaptación a la tecnología XR. Las sesiones de familiarización permitieron reducir la desorientación inicial asociada al uso del HMD y la visualización del entorno físico a través de este. Gracias a la familiarización se pudieron desarrollar las fases posteriores sin problemas asociados al desconcierto tecnológico. Además, esta adaptación gradual se reflejó en una mayor autonomía durante la visualización


© 2025 Nokia

de las píldoras formativas y en la realización de las prácticas, tanto supervisadas como autónomas, contribuyendo a un uso más fluido de las aplicaciones desarrolladas.

La combinación de visualización inmersiva 360° y RM mostró ser especialmente adecuada para la enseñanza de tareas de cocina. Las píldoras formativas en formato 360° facilitaron la comprensión de los procedimientos desde una perspectiva envolvente, mientras que la RM permitió trasladar esos conocimientos al entorno real de trabajo, permitiendo seguir las recetas de forma interactiva utilizando utensilios reales a la vez que seguían las instrucciones. Esta complementariedad fue valorada positivamente por las terapeutas, formadora y por las personas participantes, que destacaron la utilidad de la RM para reforzar la práctica autónoma y la repetición de tareas.

El sistema de telepresencia 360° Snowl de Nokia aportó un valor añadido significativo al permitir la supervisión remota en tiempo real. La posibilidad de que la formadora observara el entorno de trabajo del usuario y ofreciera indicaciones directas contribuyó a reproducir dinámicas propias de una clase presencial, favoreciendo la corrección inmediata de errores y el acompañamiento personalizado. Las evaluaciones finales realizadas con esta configuración indicaron que las personas participantes podían ejecutar los procedimientos de forma más autónoma, manteniendo un nivel de desempeño acorde a los objetivos formativos planteados.

Finalmente, las adaptaciones realizadas en la interfaz y en los mecanismos de interacción (botones virtuales) tuvieron un impacto positivo en la usabilidad del sistema. La simplificación de los botones, la mejora de la legibilidad y la incorporación de iconografía más familiar facilitaron la comprensión de las funciones disponibles y redujeron las dificultades iniciales de interacción. Asimismo, el ajuste de la posición y el tamaño de los elementos virtuales permitió una integración más natural con los gestos y posturas propias de las tareas de cocina. En conjunto, los resultados obtenidos respaldan la idoneidad de la solución desarrollada para contextos de teleformación práctica, sentando las bases para futuras mejoras y ampliaciones del sistema.


© 2025 Nokia

# 6 Teleformación: evaluación de la QoE durante el curso de cocina

## 6.1 Diseño y preparación de las pruebas

**Prácticas guiadas utilizando el dispositivo Snowl**

Entre las pruebas que se han desarrollado dentro del curso de cocina de Teleformación, se ha realizado una práctica guiada donde la profesora de cocina, utilizando las gafas de realidad virtual, ha dado indicaciones a las personas participantes sobre lo que tenían que hacer en cada uno de los temas del curso: Ingredientes y utensilios, horno, peso y montar claras a punto de nieve, siendo estos temas del 1 al 4 respectivamente.

Para cada uno de los temas se hicieron entre 1 y 2 sesiones de este tipo. Durante el tema 1 (Ingredientes y utensilios), se colocaron todos los ingredientes y utensilios en una mesa donde la profesora iba indicando a través del búho los nombres de estos objetos. De esta manera, los usuarios podían coger los objetos, y ella podía ver en tiempo real los objetos que se iban seleccionando, como se observa en la Figura 141. Para ver cada objeto con mayor detalle, las personas participantes podían utilizar la herramienta de la lupa.

Figura 141: Ejemplo de una práctica guiada.


© 2025 Nokia

Facilitó mucho la adaptación y uso de la lupa el poner una tela de color debajo de la misma de manera que cuando la profesora pedía poder ver algo con mayor detalle, los estudiantes sabían que debían colocar ese objeto sobre esa tela de color. Esta configuración se presenta en la Figura 142.

Figura 142: Configuración para colocar objetos debajo de la lupa y facilitar que la profesora los vea con mejor calidad.

En el caso del tema 2 (horno), se acercó el búho al horno del piso formativo, y con ayuda de la herramienta lupa (en este caso el móvil estuvo sujeto en un trípode que podía moverse), los usuarios podían enfocar a la pantalla del horno para que la profesora pudiera verla claramente con las gafas de realidad virtual puestas. Un ejemplo de esta configuración se presenta en la Figura 143.


© 2025 Nokia

Figura 143: Ejemplo de configuración de clases de uso del horno con la lupa en un trípode fácilmente movible.

Para el tema 3 (peso) se volvió a trabajar sobre la mesa, como se puede ver en la Figura 144. Ayudándose de 3 post-its con distintas cantidades escritas, los estudiantes tuvieron que pesar esas cifras en un bol, usando los distintos botones del peso y utilizando de nuevo la lupa con el trípode fijo para que la profesora pudiera observar correctamente la pantalla de dicho peso.


© 2025 Nokia

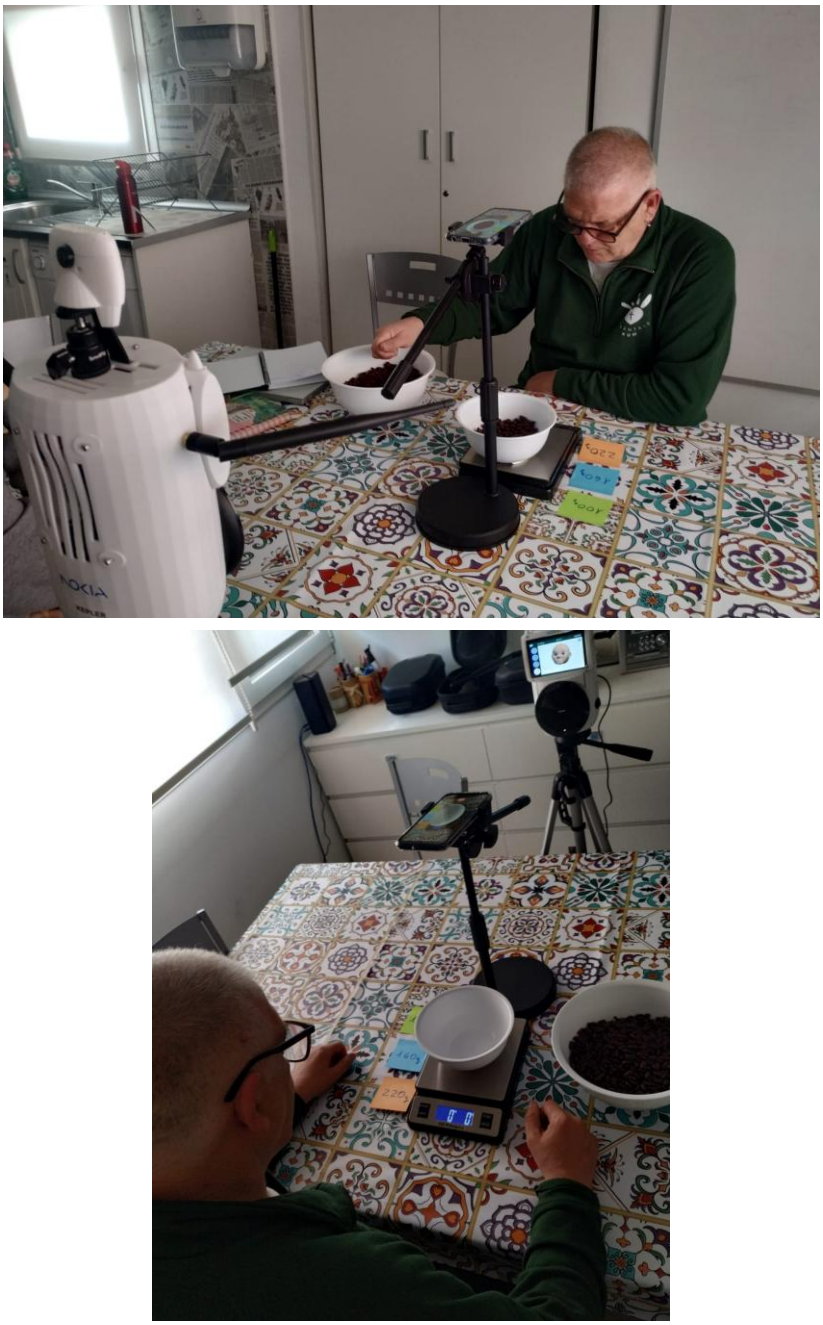


Figura 144: Apoyo con post-its en teleformación en cocina.

Por último, en el tema 4 (montar claras a punto de nieve) se realizó también en la mesa de la cocina del piso tutelado, tal y como se presenta en la Figura 145. La lupa se utilizó con el trípode fijo de nuevo, haciendo posible, por ejemplo, la visualización de la separación entre clara y yema con mucho más detalle que solo viéndolo a través de la cámara de Snowl.


© 2025 Nokia

Figura 145: Ejemplo de una estudiante realizando la práctica de montar claras a punto de nieve.

## 6.2 Metodología de evaluación

Igual que con la experiencia de terapia cognitiva, en el curso de cocina también se han realizado unos cuestionarios de evaluación con estudiantes y con la responsable de cocina. Esta última tuvo que evaluar a las personas usuarias sobre sus conocimientos de los distintos temas del curso de cocina, supervisando sus conocimientos a través del dispositivo Snowl. Cabe destacar que las preguntas realizadas tanto a la responsable como a las personas participantes han sido resultado de una adaptación de las preguntas habituales, creando así una metodología universal y sin hacer distinciones entre personas con vulnerabilidad psicosocial y neurotípicos en las preguntas. En el caso de la escala, sí varía el rango de posibles respuestas, como se indica en la tabla de más abajo.

**Cuestionario responsable**

En cuanto al cuestionario para la responsable, se incluyen preguntas como la fecha de la sesión, el tiempo de uso de las gafas de realidad virtual y los identificadores de las personas


© 2025 Nokia

usuarias con los que se han realizado las tareas. Posteriormente, se formulan las preguntas presentadas en la Tabla 11 relacionadas con sesión realizada.

Tabla 11: Cuestionario realizado a la profesional tras la utilización del búho/Snowl.

| **Categoría** | **Pregunta** | **Rango de respuestas** |
|---|---|---|
| Escala de vértigo | ¿Sientes algún tipo de malestar ahora? | 5-Sin problemas<br>4-Pequeños efectos<br>3-Incómodo<br>2-Desagradable<br>1-Insoportable |
| Mareo | ¿Te has mareado? | Sí<br>No |
| | ¿Cuánto te has mareado? | 5-Mucho<br>4-Bastante<br>3-Regular<br>2-Poco<br>1-Muy poco |
| Calidad de experiencia | ¿Te ha gustado la experiencia? | 5-Excelente<br>4-Bien<br>3-Regular<br>2-Pobre<br>1-Mal |
| Calidad audiovisual | ¿Cómo evaluarías la calidad del audio? | 5-Excelente<br>4-Bien<br>3-Regular<br>2-Pobre<br>1-Mal |
| | ¿Cómo evaluarías la calidad del vídeo? | |
| Usabilidad del sistema (US1-US10) | Me gustaría usar el búho frecuentemente | 5-Totalmente de acuerdo |


© 2025 Nokia

| | | |
|---|---|---|
| | Encontré el búho sencillo | 4<br>3<br>2<br>1-Totalmente en desacuerdo |
| | Pienso que el búho es fácil de usar | |
| | Pienso que podré utilizar el búho sin la ayuda de un supervisor de Nokia | |
| | Las diferentes funciones del búho estaban bien integradas | |
| | Pensé que el búho siempre era igual | |
| | La gente aprendería a usar el búho muy rápido | |
| | Encontré el búho muy intuitivo | |
| | Me sentí con confianza al usar el búho | |
| | Pude usar el búho sin tener que aprender nada nuevo | |
| Rendimiento de la tarea (Task Performance – TP1, TP2) | ¿Cómo de bien podías concentrarte en la tarea en vez de en la tecnología utilizada para realizarla? | 5-Muy bien<br>4-Bien<br>3-Regular<br>2-No muy bien<br>1-Casi nada |
| | ¿En qué medida tus experiencias en el entorno virtual coincidían con tus experiencias en el mundo real? | 5-Muy coherente<br>4-Coherente<br>3-Neutral<br>2-Poco coherente<br>1-Nada coherente |
| Presencia social | He sentido que me hablaban a mí | 7-Completamente de acuerdo |


© 2025 Nokia

| | | |
|---|---|---|
| | He sentido que escuchaba a las personas usuarias | 6-Muy de acuerdo<br>5-De acuerdo<br>4-Neutral<br>3-En desacuerdo<br>2-Muy en desacuerdo<br>1-Completamente en desacuerdo |
| | He sentido que estaba presente con el resto de las personas usuarias | |
| | He sentido que las personas usuarias podían verme | |
| | He sentido que interactuaba con las personas usuarias | |
| Presencia espacial | Me he sentido presente en el sitio del vídeo | 7-Completamente de acuerdo<br>6-Muy de acuerdo<br>5-De acuerdo<br>4-Neutral<br>3-En desacuerdo<br>2-Muy en desacuerdo<br>1-Completamente en desacuerdo |
| | Me he sentido rodeado por las acciones del vídeo | |
| | He sentido que podría haber estirado el brazo y haber tocado los objetos del vídeo | |

Finalmente, se añade una entrada de texto en caso de que se quieran añadir observaciones o comentarios adicionales sobre la sesión.

**Cuestionario personas usuarias**

Por otra parte, el cuestionario para participantes también contiene preguntas como el identificador del usuario que realiza el cuestionario, el número y fecha de la sesión. Se pregunta también sobre el tema que se está cursando, si han realizado la tarea sentados/as o de pie, y la fase que han realizado ese día. Por la diferente naturaleza de un tipo de sesiones y otra, se realizan cuestionarios diferentes para la parte de visualización de píldoras y para la de XR o realidad mixta. Nótese que términos como “la profesora” han sido cambiados para presentar este entregable pero en los cuestionarios originales se ponía el nombre propio de la persona para facilitar la comprensión.

*Visualización de píldoras*


© 2025 Nokia

En esta fase, las personas usuarias solo realizaron una visualización de grabaciones, donde vieron unos vídeos con instrucciones que realizarían más tarde en la siguiente fase. Las preguntas que se contemplaron en esta fase se recogen en la Tabla 12.

Tabla 12: Cuestionario realizado a estudiantes tras la visualización de píldoras.

| **Categoría** | **Pregunta** | **Rango de respuestas** |
|---|---|---|
| Mareo | ¿Te has mareado? En caso de que sí, ¿cuánto? | Poco Regular Mucho |
| Carga mental | ¿Te has cansado viendo los vídeos? En caso de que sí, ¿cuánto? | |
| Experiencia subjetiva (global, calidad y prestaciones) | ¿Te ha gustado la experiencia? | Mucho/Sí |
| | ¿Podías escuchar bien a Sara? | |
| | ¿Podías ver bien el vídeo? | |


© 2025 Nokia

| | | |
|---|---|---|
| Presencia social | ¿Has sentido que la profesora te estaba hablando a ti? | Regular |
| | ¿Has sentido que la profesora estaba hablando contigo? | |
| | ¿Has sentido que la profesora podía verte? | Poco/No |
| Presencia espacial | ¿Has sentido que estabas realmente en una cocina? | |
| | ¿Has sentido que podías ver todo lo que estaba pasando en la cocina? | |
| | ¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en la cocina? | |

*Realidad mixta*

En esta fase, una vez hecha la visualización de los vídeos y la supervisión con Sara (responsable de cocina de la Fundación Juan XXIII), las personas usuarias realizaron esta fase en la que al mismo tiempo que veían el vídeo, podían ver el mundo a través de las gafas y cocinar mientras veían el vídeo. Para esta parte las preguntas fueron las presentadas en la Tabla 13.

Tabla 13: Cuestionario realizado a estudiantes tras la realidad extendida.

| **Categoría** | **Pregunta** | **Rango de respuestas** |
|---|---|---|
| Mareo | ¿Te has mareado? En caso de que sí, ¿cuánto? | |


© 2025 Nokia

| | | |
|---|---|---|
| Carga mental | ¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea? En caso de que sí, ¿cuánto? | Poco Regular Mucho |
| | ¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea? En caso de que sí, ¿cuánto? | |
| Experiencia subjetiva (global, calidad y prestaciones) | ¿Te ha gustado la experiencia? | |


© 2025 Nokia

| | | |
|---|---|---|
| | ¿Podías escuchar bien a la profesora? | Mucho/Sí/Bien |
| | ¿Podías ver bien el vídeo? | Regular |
| | ¿Podías ver bien el sitio en el que estás? | |
| | ¿Qué tal has hecho la tarea? | Poco/No/Mal |
| Usabilidad | ¿Te has sentido seguro/a haciendo la tarea? | |

## 6.3 Análisis de los resultados de las pruebas

### 6.3.1 Respuestas obtenidas a los cuestionarios de los/as estudiantes

A continuación, se analizan las respuestas obtenidas por cada estudiante. Cabe recordar que las preguntas que se hacen tanto a la profesora como a los/as estudiantes son las mismas, pero varía la escala de votación de cada una de las preguntas, siendo en este caso de 1 a 3 y con emoticonos. Distinguimos los cinco temas tratados anteriormente: 'Ingredientes y utensilios', 'Horno y cucharas', 'Peso', 'Montar claras' y 'Receta'. Todos ellos respondidos en base a dos fases: visualización de videos 360 y realidad mixta. De esta forma el orden de análisis de los cuestionarios de los usuarios se hará primero para la primera fase de


© 2025 Nokia

visualización y posteriormente de la parte de realidad mixta en la que los usuarios ponen en práctica lo aprendido en las visualizaciones. Durante las sesiones de visualización de vídeos 360 hay que tener en cuenta que los/as estudiantes se encontraban sentados/as. En cambio, durante la práctica con realidad mixta, por comodidad y facilidad, las personas participantes estaban de pie.

A continuación, se presentan los promedios de las evaluaciones de los factores influyentes de la QoE así como sus IC 95% asociados.

*Visualización de píldoras*

Comenzando con la evaluación de QoE general, presentada en la Figura 146, los/as estudiantes evalúan muy positivamente la experiencia de visualizar vídeos 360º.

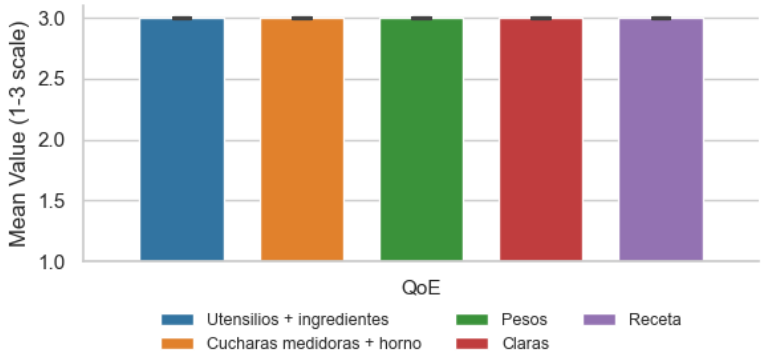



Figura 146: Respuesta media + 95% CI de la QoE.

Además, se incluyeron preguntas sobre posibles efectos como el mareo o el cansancio. Concretamente, "¿Te has mareado? En caso de que sí, ¿cuánto?" y "¿Te has cansado viendo los vídeos? En caso de que sí, ¿cuánto?". En este caso, ninguna persona participante indicó haberse mareado ni sentirse cansado, por lo que las preguntas de intensidad ("¿cuánto?") no llegaron a responderse.

En relación a la calidad audiovisual de la visualización de las píldoras, mostrada en la Figura 147, las personas usuarias respondieron positivamente. Únicamente reportaron ligeramente peor calidad del vídeo y audio en la visualización de la receta, posiblemente debido a la complejidad y duración de este último tema.


© 2025 Nokia

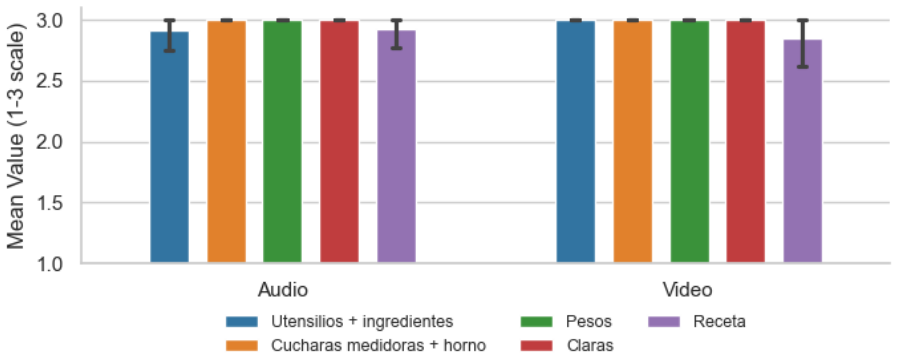



Figura 147: Respuesta media + 95% CI de la calidad de vídeo y audio.

La presencia social ha sido evaluada con la pregunta SP1: '¿Has sentido que la profesora te estaba hablando a ti?', SP2: '¿Has sentido que la profesora estaba contigo?' y con SP3: '¿Has sentido que la profesora podía verte?'. La evaluación agregada de presencia social se presenta en la Figura 148, se observa que es muy alta y no hay diferencias entre los temas.

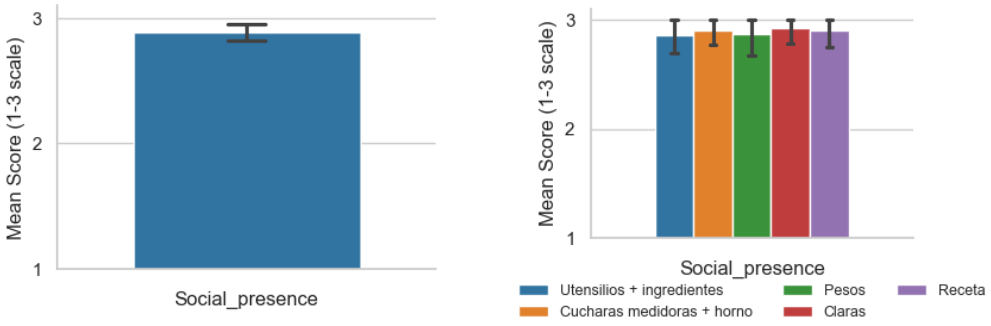



Figura 148: Presencia social agregada y por temas.

Viendo los resultados de la Figura 149, se observa claramente que la comunicación con la profesora ha sido favorable con desviaciones pequeñas en el caso de “SP2” y “SP3”, lo que indica que los participantes sienten una presencia social muy alta en general, sin diferencias entre los diferentes temas. Esto sugiere que el contenido visual presentado consigue una presencia social alta, validando las píldoras de cocina grabadas para este curso. La pregunta “SP3”, como es esperable, es la que muestra mayor variabilidad, demostrando que los/as estudiantes saben que están viendo un vídeo pre-grabado de manera que sí que se sienten inmersos pero no tanto como si hubiera una interacción.


© 2025 Nokia

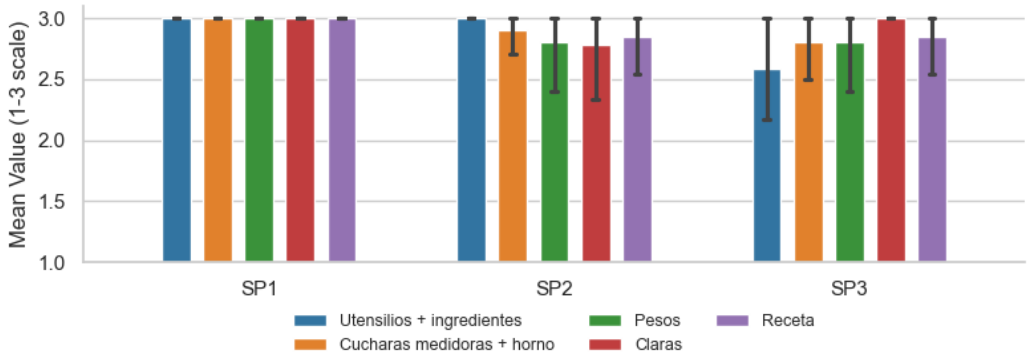



Figura 149: Respuesta media + 95% CI de SP1-SP3.

La Figura 150 presenta la evaluación agregada de presencia espacial se presenta en la , se observa que es muy alta y no hay diferencias entre los temas.

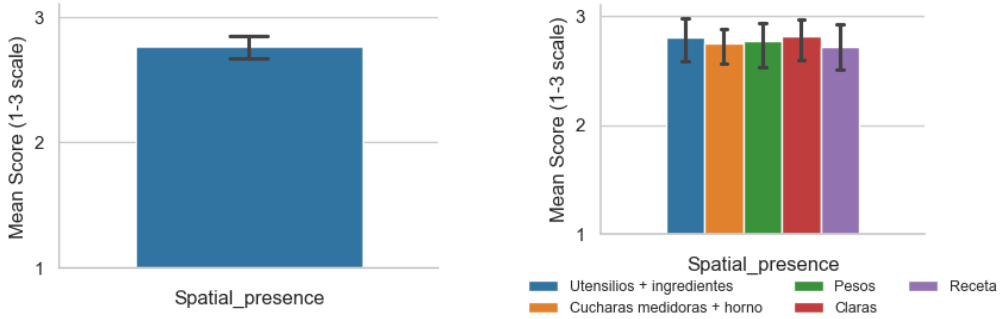



Figura 150: Presencia espacial agregada y por temas.

Se analizan por ítems en la  Figura 151. En general, se observa una presencia espacial elevada en los ítems PP1: '¿Has sentido que estabas realmente en una cocina?' y PP2: '¿Has sentido que podías ver todo lo que estaba pasando en la cocina?', con medias cercanas a la evaluación máxima. Esto indica que los participantes percibieron una gran inmersión, independientemente del tema explicado en cada vídeo. Sin embargo, se puede apreciar que algunos estudiantes difieren perfectamente entre el espacio real y los objetos de ese espacio virtual ya que no sienten que puedan interactuar con esos objetos que visualizan en el vídeo según la pregunta PP4: '¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en la cocina?'. A pesar de ello, es en esta pregunta en la que encontramos los intervalos de confianza más grandes significando que hay mayor diversidad de respuestas seguramente según la percepción y comprensión de las personas que visualizan los contenidos.


© 2025 Nokia

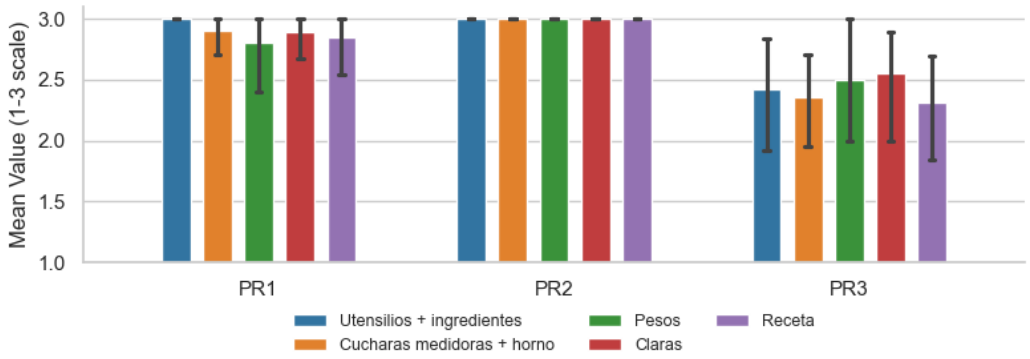



Figura 151: Respuesta media + 95% CI de PP1, PP2 y PP4.

*Realidad mixta*

Similarmente, se evaluó la experiencia de los/as estudiantes en la fase de realidad mixta. Cabe recordar que en esta fase se veía el vídeo píldora en 360 mientras se realizaba la actividad en el espacio real. Esto implica que el espacio real se visualizaba a través del HMD y que para controlar el vídeo se hacía mediante interacción natural con los botones ubicados en el espacio virtual.

Primeramente, se recogió información sobre posible mareo o malestar: un 3% de los usuarios indicó haber sentido mareo en algún momento, con una intensidad media de 1 en una escala de 1 (“Poco”), 2 (“Regular”) y 3 (“Mucho”), lo que sugiere un nivel muy bajo de malestar. La totalidad de los usuarios reportó una carga mental de 0 (“No”).

Las valoraciones de QoE (“¿Te ha gustado la experiencia?”) recogen la puntuación máxima en todos los temas. Esto indica que la experiencia fue percibida positivamente en todos los temas, demostrando que se podían realizar las actividades de cada uno de los temas siguiendo las instrucciones del vídeo 360 e interactuando con los botones para controlar el vídeo de una manera fácil. Adicionalmente, con la adaptación del HMD, todas las personas que participaron estaban cómodas para interactuar con los objetos reales en el espacio real así como para seguir las instrucciones del vídeo 360 y pausarlo, adelantarlo o realizar la acción que necesitaban.

Las valoraciones audiovisuales muestran puntuaciones muy altas en audio (“¿Podías escuchar bien a la profesora?”) y en vídeo (“¿Podías ver bien el vídeo?”), con medias cercanas


© 2025 Nokia

a 3 en todas las condiciones. Tanto el audio y el vídeo evaluados en esta pregunta son en relación a la píldora 360 que visualizaban. En conjunto, los participantes experimentaron una calidad audiovisual clara y estable, independientemente del contenido mostrado.

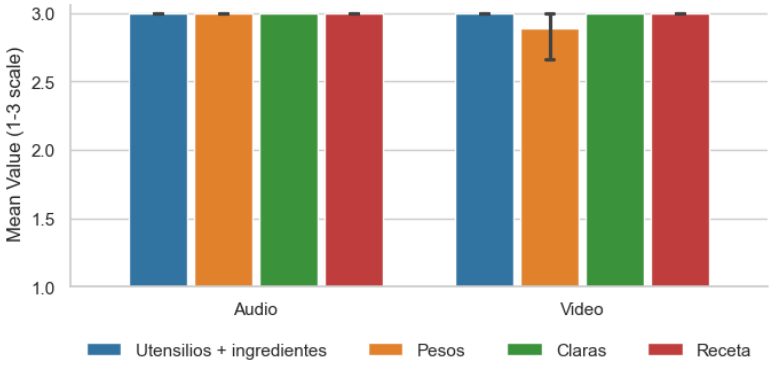



Figura 152: Respuesta media + 95% CI de la calidad de audio y vídeo.

Las valoraciones de usabilidad ("¿Te has sentido seguro/a haciendo la tarea?") son evaluaciones máximas. Esto indica que las personas participantes se sintieron seguras de si mismas realizando la actividad independientemente del tema mostrado.

Además, se añadió una pregunta adicional en relación a visualizar el espacio físico en el que se encuentran a través del passthrough de las gafas de RV: ("¿Podías ver bien el sitio en el que estás?"), en el que se obtuvieron valoraciones máximas en todos los temas menos en la receta que disminuyó en media sin diferencias significativas. Las evaluaciones se presentan en la Figura 153.

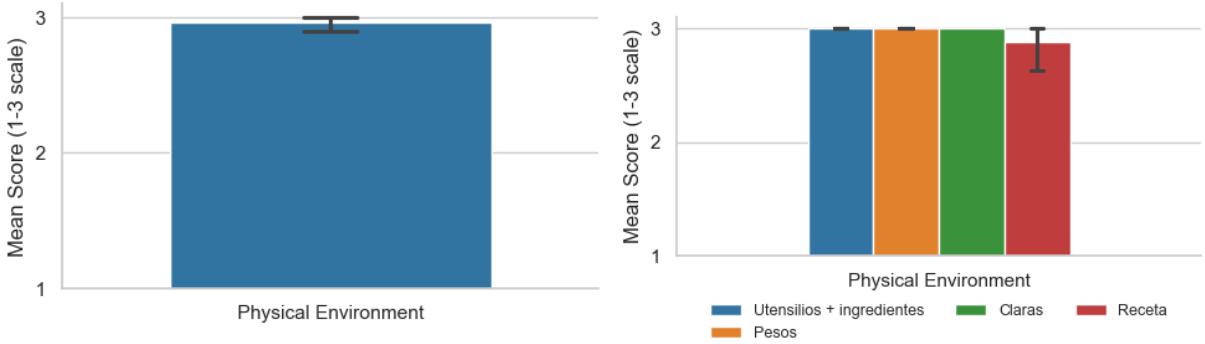



Figura 153: Espacio físico percibido por estudiantes.

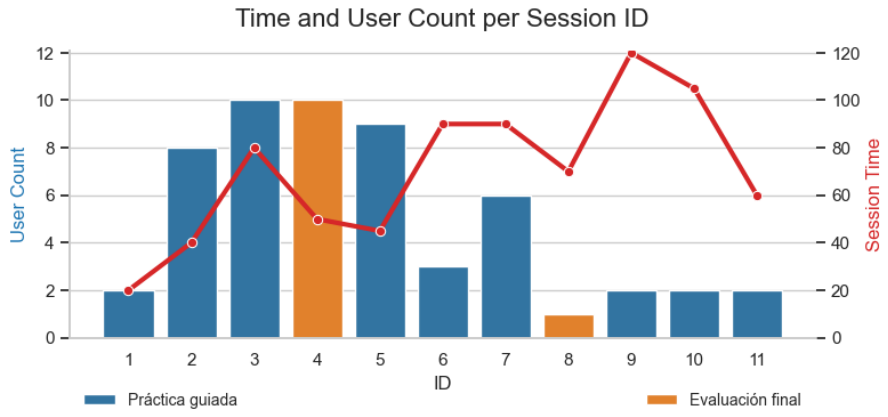

© 2025 Nokia

Para monitorizar la sensación que estudiantes tienen realizando la tarea se añadió la siguiente pregunta: ("¿Qué tal has hecho la tarea?"). Consideraron que su desempeño en la tarea fue positivo independientemente del tipo de tema.

### 6.3.2 Respuestas obtenidas a los cuestionarios de la profesional

En primer lugar, se presentan los resultados reportados por la profesional encargada de dirigir las tareas mediante el uso de gafas de VR. El análisis distingue dos fases: *prácticas guiadas* y *evaluación* y compara los cinco temas trabajados: 'Ingredientes y utensilios', 'Horno y cucharas', 'Peso', 'Montar claras' y 'Receta'.

En primer lugar, se ha analizado utilizando la Figura 154 alguna posible interacción entre el tiempo por sesiones y el tipo o tema de la sesión. Es interesante ver cómo los mismos temas y el mismo tipo de sesión puede requerir diferentes tiempos según las necesidades de las personas que estén siguiendo la formación. Cabe notar que hay sesiones que han sido realizadas en parejas mientras que hay otras que han sido realizadas de manera individual, por ejemplo, la receta de las magdalenas. Esto se ha adaptado para seguir la formación tradicional, ya que en ocasiones se trabaja en cadena y es una habilidad que deben desarrollar y practicar para conseguir la certificación. Asimismo, al elaborar la receta con un único horno facilitaba mucho realizar la receta de uno en uno. Esta información también es importante para comprender posibles implicaciones en la calidad de experiencia (QoE) evaluada por la profesional al finalizar la sesión.





© 2025 Nokia

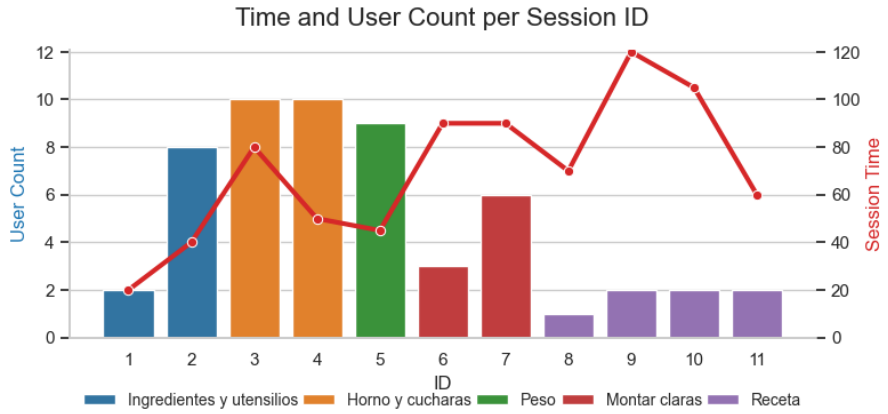



Figura 154: tiempo por sesiones y el tipo o tema de la sesión detallando el número de usuarios.

Dado que el tiempo invertido en la utilización del búho y el HMD puede afectar al malestar percibido, también se ha analizado esta pregunta del cuestionario. Como resultado, afirmamos que el nivel de malestar percibido fue prácticamente inexistente en todas las sesiones, con la única excepción en la tercera sesión, en la cual la profesional reportó un malestar leve acompañado de “pequeños efectos”, evaluando el mareo como “Muy poco”. Esta sesión coincide con la primera ocasión en que la profesional utilizó las gafas durante más de 1 hora y 15 minutos de forma continuada y sin pausas entre estudiantes. Importante destacar que, en las sesiones posteriores, de duración e intensidad equivalentes, no se volvió a reportar malestar, lo que sugiere un claro proceso de adaptación al uso prolongado de las gafas de realidad virtual.

Continuando con el análisis del cuestionario, se presenta de cada uno de los factores influyentes en la QoE la media obtenida de las evaluaciones así como los Intervalos de Confianza (IC) del 95%.

En relación con la pregunta “¿Te ha gustado la experiencia?”, pregunta realizada al final de la experiencia como valoración global de la QoE, las valoraciones fueron de 5 sobre 5 en el 100% de los casos durante los tres primeros temas, tal como se refleja en la Figura 155. En los dos últimos temas se observa un ligero descenso, atribuible a la mayor duración de las actividades y a la mayor complejidad de las tareas.


© 2025 Nokia

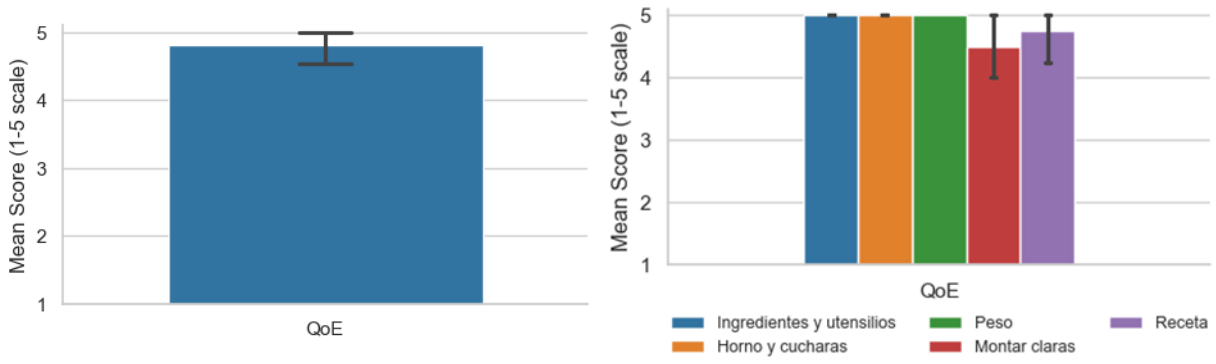



Figura 155: Respuesta media + 95% CI de la QoE

Los resultados referentes a la calidad audiovisual muestran un patrón consistente (ver Figura 156): la calidad del vídeo tiende a recibir puntuaciones ligeramente inferiores a las del audio, con excepción del primer tema, en el cual el audio fue evaluado de forma más negativa. Cabe notar que hubo problemas en las primeras sesiones con las localizaciones en las que se realizaban las sesiones y que fueron modificadas para mejorar, entre otras cosas, problemas de latencia perceptible en el audio. Tanto en audio como en vídeo, las valoraciones más bajas aparecen en los temas finales, especialmente en Montar claras y Receta, donde la tarea requiere una mayor nitidez de imagen y un nivel de detalle visual superior, lo que incrementa la exigencia sobre la calidad del contenido audiovisual.

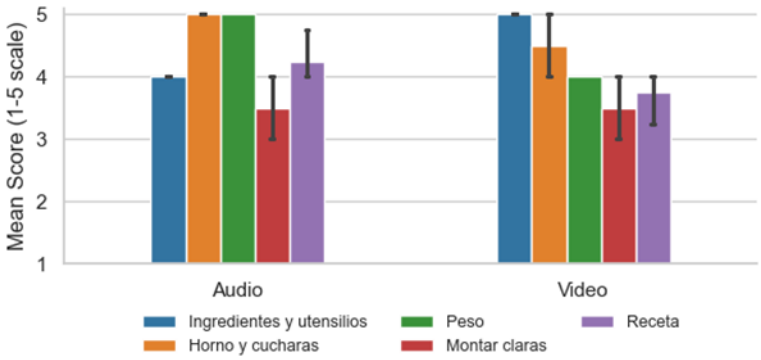



Figura 156: Respuesta media + 95% CI de la calidad de vídeo y audio.

La evaluación de la usabilidad del búho realizada por la profesional, basada en las preguntas US1-US10, ofrece una visión global muy positiva de la usabilidad, con puntaciones altas y una baja variabilidad (ver Figura 157). En conjunto, los resultados muestran que el búho es una


© 2025 Nokia

herramienta intuitiva, estable y adecuada para la realización de prácticas guiadas y supervisadas. Aun así, se observan patrones entre temas y categorías de usabilidad que permiten profundizar en la calidad de la interacción y en la carga cognitiva asociada a las distintas tareas.

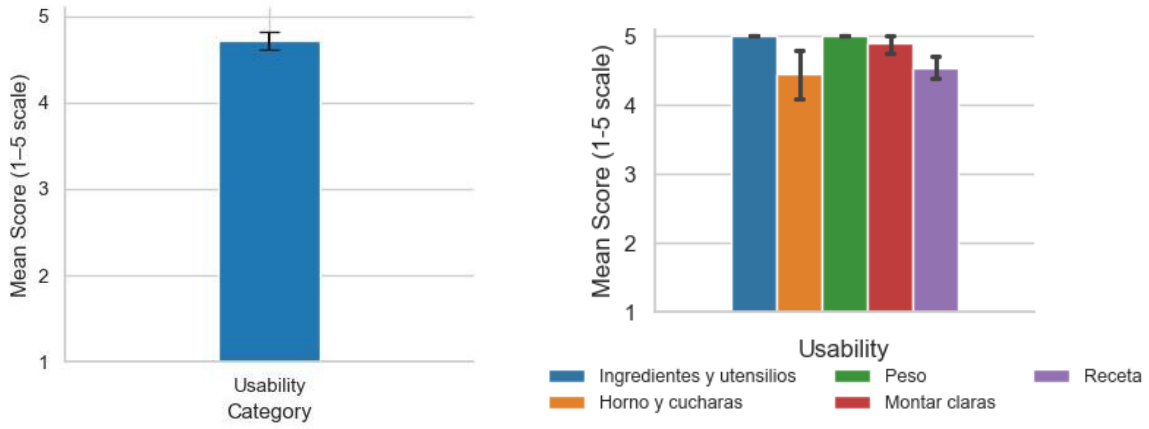



Figura 157: Respuesta media + 95% CI de usabilidad.

En primer lugar, las preguntas relacionadas con el interés de uso, la simplicidad y la facilidad de aprendizaje (US1:'Me gustaría usar el búho frecuentemente', US2: 'Encontré el búho sencillo', US3: 'Pienso que el búho es fácil de usar') muestran valoraciones cercanas al máximo en prácticamente todos los temas, presentadas en la Figura 158. Esto indica que la profesional percibe el búho como una herramienta fácil de usar. Los temas iniciales destacan que esto es así desde el principio.

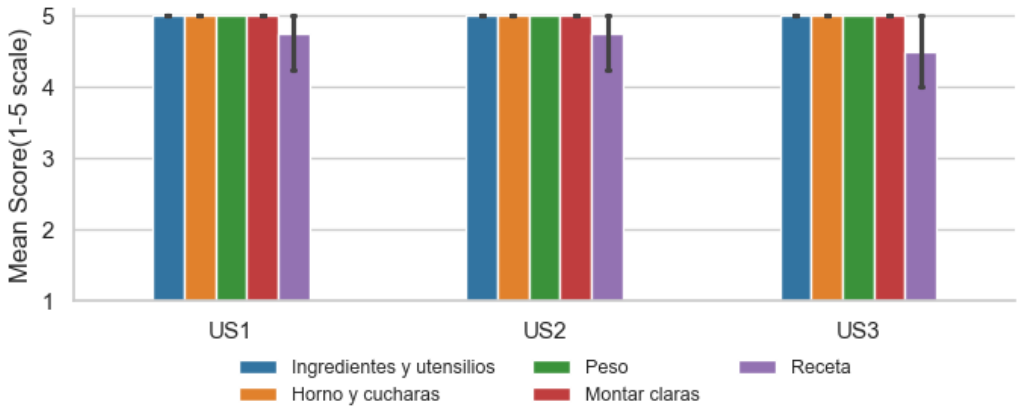



Figura 158: Respuesta media + 95% CI de US1-US3.


© 2025 Nokia

En segundo lugar, las preguntas orientadas a la funcionalidad del búho (US4: 'Pienso que podré utilizar el búho sin ayuda externa, US5:'Las diferentes funciones del búho estaban bien integradas', US6: 'Pensé que el búho siempre era igual'), presentadas en la Figura 159, también han sido valoradas muy positivamente. La profesional percibe que el búho ofrece un conjunto de funciones bien integradas, y que su uso no requiere asistencia externa directa una vez familiarizado con él. No obstante, se observa un ligero descenso en el tema "Receta", la práctica más larga y compleja, algo que tiene sentido porque es un entorno menos controlado y que requiere una mayor exigencia a la hora de seguir la tarea, ver con detalle e incluso guiar.

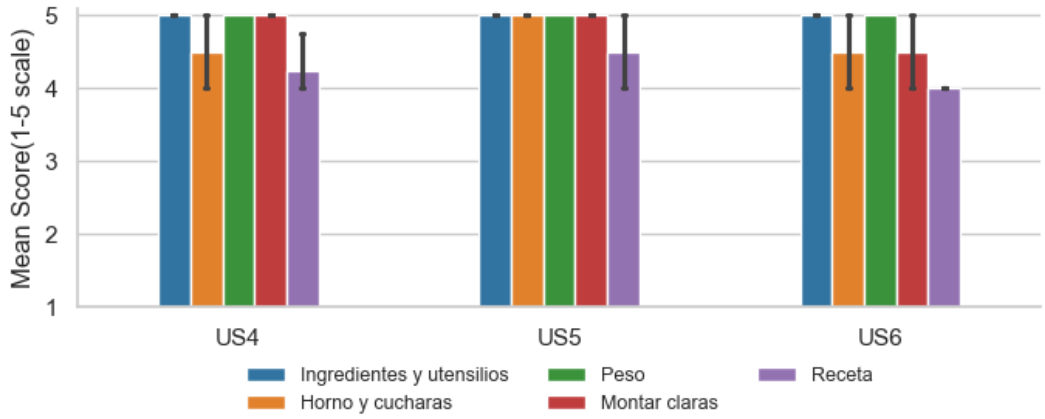



Figura 159: Respuesta media + 95% CI de US3-US6.

En cuanto a las preguntas vinculadas al aprendizaje y la facilidad para que otras personas aprendan a utilizar la tecnología (US7: 'La gente aprendería a usar el búho muy rápido' y US8: 'Encontré el búho muy intuitivo'), los resultados muestran que la profesional considera el búho como una herramienta clara e intuitiva (ver Figura 160). Sin embargo, la pregunta US7 presenta un descenso notable en "Horno y cucharas". Este descenso sugiere que los temas que requieren interactuar con elementos físicos como la lupa- que en este caso se utilizaba con un trípode que los/as estudiantes debían mover para enfocar las áreas de interés- o el horno pueden aumentar la dificultad.

La pregunta relacionada con la sensación de seguridad (US9: 'Me sentí con confianza al usar el búho') confirma el patrón anterior (ver Figura 160). Las valoraciones son muy altas en la mayoría de los temas, aunque se observa otro descenso en "Horno y cucharas". La necesidad


© 2025 Nokia

de indicar simultáneamente acciones relacionadas con el entorno y el seguimiento de las instrucciones puede explicar la disminución de confianza en estas sesiones.

Finalmente, la pregunta (US10: 'Pude usar el búho sin tener que aprender nada nuevo'), evalúa la necesidad de aprendizaje adicional para usar el búho, revela diferencias marcadas entre temas (ver Figura 160). La profesional percibe que no necesita aprender nada nuevo para usar el búho en los temas iniciales, manteniendo respuestas altas. Nuevamente se aprecia un descenso en los temas “Horno y cucharas” y “Receta”. Esto refuerza la idea de que la complejidad de la tarea puede requerir mejoras en el sistema.

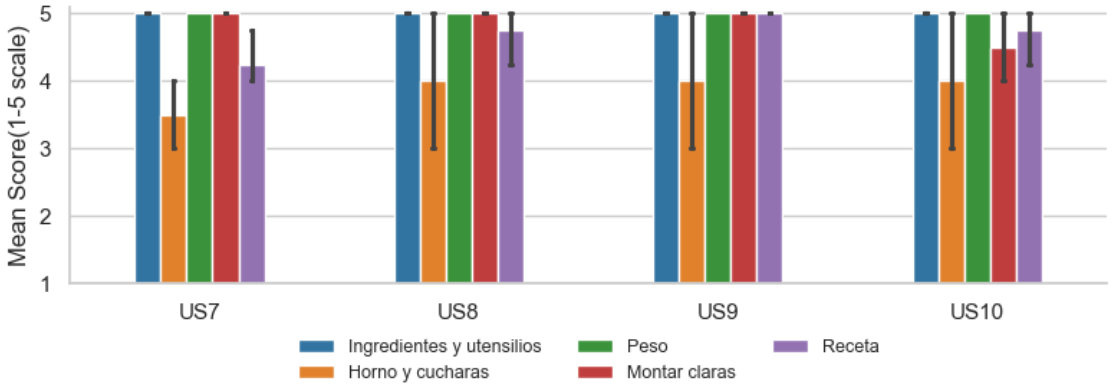



Figura 160: Respuesta media + 95% CI de US7-US10.

Las respuestas para la pregunta (TP1: *'¿Cómo de bien podías concentrarte en la tarea en vez de en la tecnología utilizada para realizarla?'*) son muy favorables indicando muy baja interferencia de la tecnología utilizada en las tareas realizadas. Es cierto que en la tarea de montar claras hay un descenso. Esto puede deberse a que era la primera vez en la que se interactuaba en mayor medida con elementos y para la profesora requiere una adaptación el trasladar la guía como se haría la actividad en presencial a remoto. Por otra parte, las valoraciones de la pregunta (TP2: *'¿En qué medida tus experiencias en el entorno virtual coincidían con tus experiencias en el mundo real?'*) son ligeramente inferiores por lo que se observa que las experiencias en el mundo virtual no coinciden por completo con las experiencias del mundo real. En la línea de la justificación anterior, la manera en que se guía y supervisa a través de la tecnología es muy diferente, principalmente porque no se puede ejemplificar. Ambas evaluaciones se muestran en la Figura 161.


© 2025 Nokia

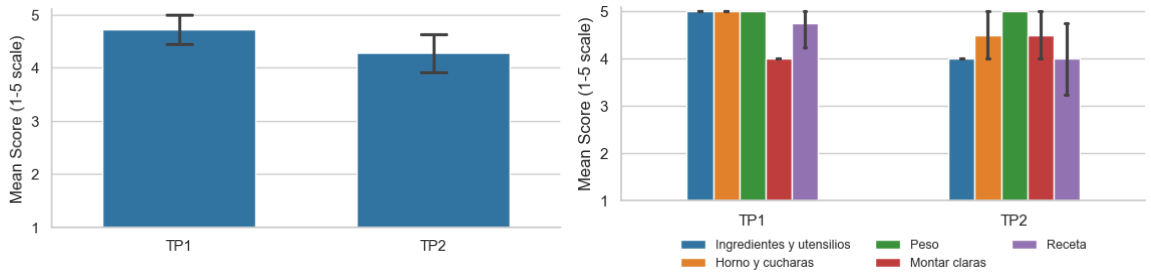



Figura 161: Respuesta media + 95% CI de TP1 y TP2.

En cuanto a la presencia social y presencia espacial, las valoraciones son muy positivas para todos los temas tal y como se muestra en la Figura 162.

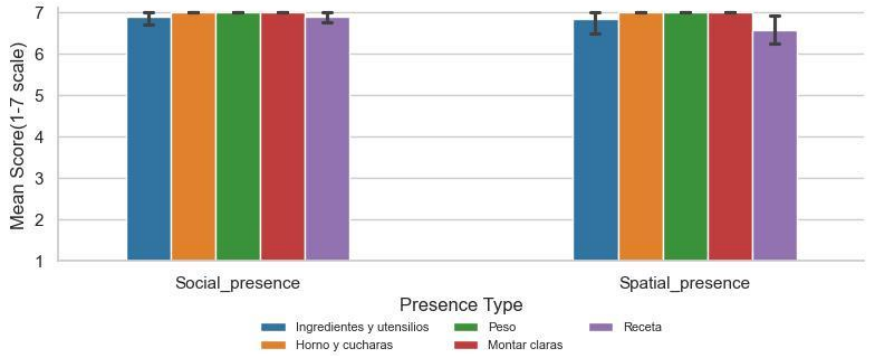



Figura 162: Respuesta media + 95% CI de presencia social y espacial.

### 6.3.3 Evaluación de la interactividad a través del seguimiento de manos

En esta sección se presentan los resultados del análisis del seguimiento de manos durante algunas partes de las recetas en RM. En concreto, se presentan los resultados de haber analizado la distancia recorrida por las manos en la práctica del peso y de la receta completa. Para llevar a cabo las medidas descritas en esta sección se utilizaron los datos recopilados descritos en la Sección 5.4.1. Específicamente, los registros del tracking de manos. Gracias a estos datos podemos evaluar el nivel de interactividad con el mundo físico asociada a cada etapa de formación.

Para medir la distancia recorrida de cada mano se ha realizado un filtrado previo de los datos. Primero, hemos descartado los datos de los participantes que no realizaron las dos sesiones (TCs 4, 6 y 8) debido a que el principal objetivo de este análisis es comparar el nivel de


© 2025 Nokia

interactividad de los dos contenidos. Después, se eliminaron posibles fallos de tracking (mientras la mano no es visible por el HMD), así como momentos iniciales o finales donde realmente no se estaba realizando la formación, pero el HMD seguía recogiendo datos. Una vez filtrados los datos, se ha calculado mediante distancia euclídea la distancia recorrida en cada entrada del log de la articulación de la muñeca (base del esqueleto formado por el tracking de meta). Una vez obtenidas las distancias, se han sumado para obtener la estimación de la distancia total recorrida por cada mano durante las sesiones de realidad mixta de peso y receta. La Figura 163 muestra los resultados por participante, tipo de sesión y diferenciado por mano (derecha/izquierda).

Estos resultados muestran que la condición peso (M = 83.14 m, SD = 16.81 m) tuvo menos interacción con el mundo físico que la receta (M = 403.48 m, SD = 116.22 m). Estos resultados son coherentes con la duración de cada una de las sesiones, siendo la condición “receta” bastante más larga. Evaluando las diferencias entre participantes, se puede observar que para la condición “peso” las distancias se mantienen estables para todos los casos, no habiendo grandes diferencias entre los participantes. Para la receta sin embargo podemos observar que los últimos 3 casos (TC5, TC7 y TC9) el tiempo empleado es sensiblemente más alto. Atribuimos este incremento a que dichas sesiones duraron más que el resto. Para poder comparar los contenidos (peso vs receta) a nivel de interactividad hemos normalizado las distancias acumuladas utilizando el tiempo empleado para cada sesión. Esto permite comparar los resultados mitigando los efectos de la disparidad de duración y poder atender sólo al nivel de interactividad con el mundo físico.


© 2025 Nokia

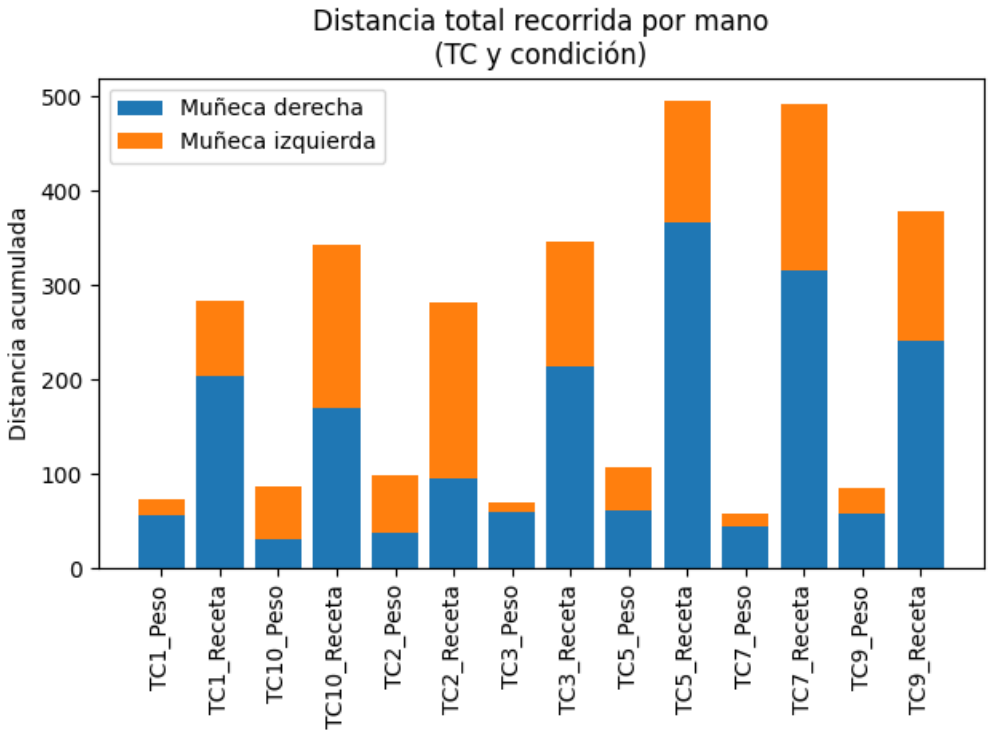



Figura 163: Distancia acumulada en metros durante las sesiones de peso y receta de RM diferenciando mano derecha e izquierda

La Figura 164 muestra los resultados de la distancia acumulada divido por la duración de cada sesión. En estos resultados se pude ver como la diferencia entre contenidos sigue siendo notable, siendo el peso (M = 0.11 m/s, SD = 0.017 m/s) menos interactivo que la receta (M = 0.22 m/s, SD = 0.017 m/s). mientras que se han mitigado las diferencias en nivel de interactividad entre distintos participantes para la misma condición.


© 2025 Nokia

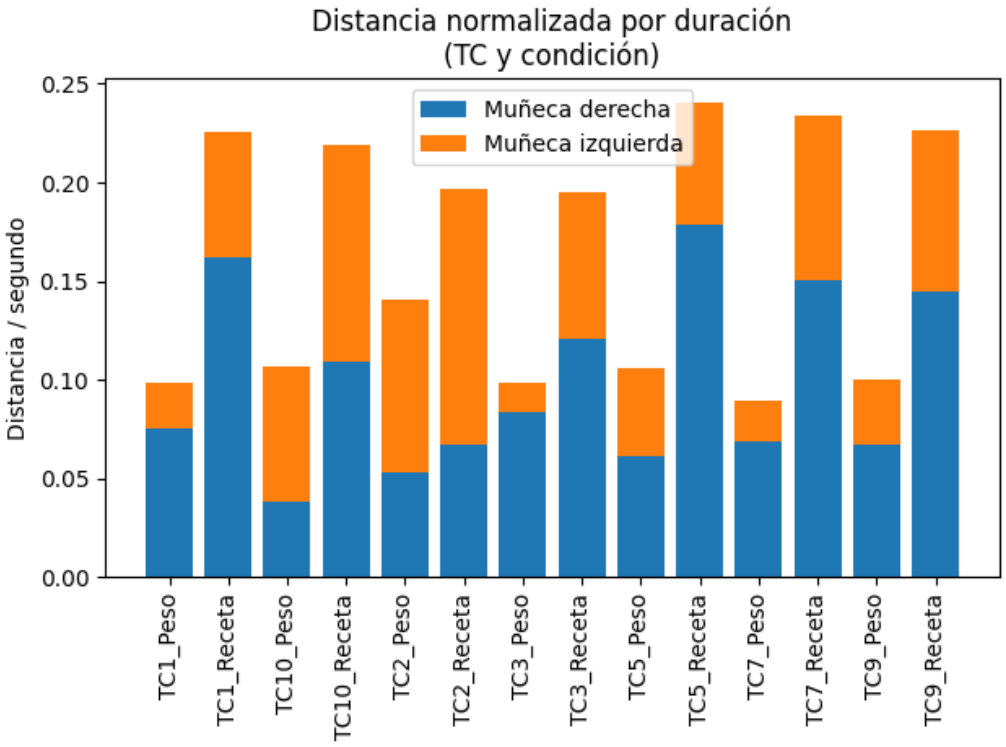



Figura 164: Distancia normalizada por la duración de cada sesión

Atendiendo a estos resultados podemos determinar que la receta tuvo, en media, una interactividad más elevada que la condición del peso. Esto es una información importante de cara a futuras formaciones en las que se categoricen las sesiones atendiendo al nivel de interactividad con el mundo físico, pudiendo jerarquizar y adaptar las sesiones a las necesidades específicas de cada usuario.

## 6.4 Evaluación de las prestaciones de teleformación

En esta sección se presenta un resumen de las prestaciones de teleformación desde diferentes puntos de vista: visualización de píldoras y realidad mixta desde los resultados recopilados gracias a los/as estudiantes del curso y la parte de práctica guiada o supervisada desde el punto de vista de la profesora.

En términos de la visualización de píldoras 360, se recogen los resultados obtenidos a partir de los/as estudiantes de la teleformación en cocina. En conjunto, los resultados de la fase de visualización de píldoras 360º muestran una valoración muy positiva de la experiencia. La


© 2025 Nokia

calidad de la experiencia y la calidad audiovisual fueron bien evaluadas, con ligeras bajadas en las tareas más largas y complejas, sin afectar a la percepción global. La presencia social y espacial fueron elevadas, encontrando mayor variabilidad en la pregunta relacionada con si sentían que la profesora podía verlos (presencia social) y en la pregunta relacionada con tocar objetos de los vídeos (presencia espacial). Esto denota que algunas personas sí que disciernen perfectamente entre entorno real y virtual y que se comprenden la tecnología, así como la fase de esta formación.

En conjunto, los resultados de la fase de realidad mixta muestran que los estudiantes estuvieron muy satisfechos con la experiencia. Las evaluaciones máximas reflejan una percepción muy positiva del sistema (teniendo en cuenta que entender la mezcla de realidades es complejo). Esto sugiere que la interfaz, el contenido y la interacción ofrecieron una experiencia clara, cómoda y natural, sin generar problemas apreciables ni diferencias relevantes entre condiciones.

A continuación, se incluye la información de las respuestas de la profesora en la entrada de texto libre que se puso al final del cuestionario que se evaluaba al finalizar cada una de las sesiones con el búho/Snowl. Estos comentarios pueden ser utilizados como un diario de las problemáticas que han podido ir surgiendo y para explicar algunos de los efectos observados en las gráficas presentadas anteriormente. Nótese que los cuestionarios se rellenaban únicamente en las sesiones en las que la profesional supervisaba la práctica. De esta forma hay conclusiones en base a su experiencia utilizando el HMD, pero también evalúa las prestaciones de la teleformación centrándose en la parte más práctica en la que la profesora ve si se han afianzado los conceptos y ayuda a perfeccionar técnica y resolver dudas.

Los comentarios por parte de la profesional destacan que, aunque la tecnología se puede mejorar, comenzando por la calidad del vídeo y del audio, esta le ha permitido impartir una docencia de cocina con personas con discapacidad satisfactoriamente – con todos los retos que esto implica. Destaca que no únicamente ha sufrido un proceso de adaptación a la tecnología, sino que también ha tenido que adaptar las técnicas didácticas que ella utiliza en sus clases presenciales ya que la dinámica cambia completamente.

Como comentarios concretos que consideramos compartir ya que son lecciones aprendidas presentamos los siguientes. A partir de la sesión 2 comentaba la profesora que el problema


© 2025 Nokia

relacionado con el audio se solucionó cambiando la configuración de espacios en las que se impartía la sesión. Esto deja ver que a en ocasiones no todas las problemáticas vienen dadas por la tecnología sino por las implicaciones de aplicar una tecnología nueva en entornos reales.

En la primera sesión, la profesional señala una sensación de inmersión que le sorprende, parecido a lo que llamamos el efecto Wow, indicando que por un momento siente una sensación de presencia máxima hasta el punto de gesticular como si los estudiantes pudieran seguir los movimientos que ella realiza. Esto es algo muy común cuando se prueba esta tecnología por primera vez debido a la gran capacidad de inmersión y de "teletransporte" que produce.

En la tercera sesión señala que era la primera vez que utilizaba las gafas durante más tiempo ya que realizó la práctica con varios estudiantes a la vez y esto hizo que sintiera algo de cansancio visual. Esto coincide con lo que reportó en el cuestionario y denota una necesaria adaptación a la tecnología ya que en las siguientes sesiones este malestar desaparece.

En la cuarta sesión la profesional señala como valoración muy positiva el nivel alcanzado por los usuarios/as supervisados/as, mayor en muchos casos al demostrado por alumnado presencial., ella dice "Creo que el hecho de que la explicación que reciben se haga en el entorno virtual como experiencia individual les hace fijar mejor las ideas mostradas". Esto es una reflexión muy positiva para la tecnología y para el caso de uso porque denota el potencial de esta, así como un beneficio adicional o no esperado que encontramos.

En otro comentario señalaba que, dependiendo de las dificultades para seguir las instrucciones, y las destrezas individuales de cada estudiante, la experiencia variaba significativamente, aunque todas las sesiones habían podido llevarse adelante considerando la teleformación un éxito. Concretamente, destaca la dificultad de algunas personas para seguir la tarea únicamente con indicaciones por voz, o la dificultad del uso de herramientas como la lupa en las tareas más técnicas.

La profesional propone posibles soluciones de adaptación del espacio o de los utensilios para mejorar el guiado de las tareas. Algunas ideas son: usar un mantel de color llamativo y liso para mejorar la visibilidad de los objetos en la mesa, utilizar utensilios con diferentes colores


© 2025 Nokia

o marcas que los identifiquen para poder referirse a ellos de manera exacta y adaptar el entorno a las capacidades específicas de cada persona. Como se observa, las adaptaciones propuestas son más didácticas, pero sí que abren paso a pensar en extensiones de la tecnología para tenerlas en cuenta.

En general, con el paso de las sesiones, la profesional comenta sentirse cada vez mejor y con más confianza sobre el uso del búho. Además, los usuarios se adaptan progresivamente, mejorando su uso de la tecnología y su desempeño en las tareas realizadas.


© 2025 Nokia

# 7 Teleformación curso de cocina: seguimiento

El curso de teleformación en cocina surge como respuesta a la necesidad de ofrecer a las personas usuarias de COFOIL una oportunidad formativa regalada a la que, por diversas barreras, suelen tener un acceso limitado. Esta iniciativa pretende ampliar sus posibilidades de acceso a una formación profesional mediante un modelo inclusivo apoyado en tecnologías emergentes.

El objetivo general de este caso de uso fue desarrollar una experiencia formativa inclusiva basada en tecnologías de XR, dirigida a personas con discapacidad intelectual que asisten a COFOIL. A través de un programa estructurado en entornos inmersivos, se busca facilitar la adquisición de conocimientos básicos de cocina, con el fin de que en un futuro puedan acceder a una formación con certificado profesional y conseguir una inserción laboral acorde a sus intereses.

**Objetivos**

Favorecer un aprendizaje práctico: la XR permite a las personas con discapacidad intelectual practicar habilidades culinarias en un entorno seguro y controlado.

- Promover la participación y la motivación: la posibilidad de realizar la formación incorporando la XR puede resultar especialmente atractivo y motivador para las personas participantes, ya que la integración de elementos visuales, auditivos y táctiles pueden estimular su participación y compromiso con el contenido del curso.
- Facilitar la adaptabilidad y personalización: la XR permite adaptar y personalizar la formación teniendo en cuenta las necesidades individuales de las personas participantes. Esto permite ajustar el ritmo de aprendizaje, los niveles de dificultad y los contenidos del curso de tal forma que, se garantice una experiencia de aprendizaje significativa y efectiva.
- Mejorar las habilidades de autonomía: a través de la formación, las personas pueden aprender y practicar habilidades de cocina, lo que puede ser una forma efectiva de fomentar su autonomía, favorecer su independencia en la vida diaria e incrementar sus posibilidades de acceso a otras formaciones y/o oportunidades laborales.


© 2025 Nokia

## 7.1 Selección de participantes

Para garantizar una participación significativa y ajustada a los intereses de las personas usuarias, se diseñó un proceso de selección inicial basado en la motivación individual. Se elaboraron y aplicaron cuestionarios de orientación vocacional adaptados, con el objetivo de identificar a aquellas personas con discapacidad intelectual que mostraran un interés genuino en el ámbito de la cocina. Estos cuestionarios incluían preguntas sencillas acerca de diferentes intereses laborales que permitían explorar las preferencias, experiencias previas y nivel de entusiasmo por las actividades culinarias (ver Figura 165).

Los preparadores laborales, acompañaron a las personas usuarias durante la cumplimentación de los cuestionarios, asegurando que comprendieran bien cada ítem y se sintieran cómodas en el proceso. Posteriormente, se analizaron las respuestas y se seleccionó a aquellas personas que manifestaron mayor interés y motivación hacia el aprendizaje de cocina.

Este enfoque permitió configurar un grupo de participantes altamente implicados desde el inicio, lo que favoreció el compromiso con el curso y la predisposición a utilizar nuevas tecnologías como las gafas de realidad virtual. Además, se tuvo en cuenta la diversidad de capacidades dentro del grupo, promoviendo así una experiencia inclusiva, participativa y adaptada a las necesidades individuales.


© 2025 Nokia

Nombre:

Marca **SI** en las profesiones que te gusten y **NO** en las que no te gusten

| PREFERENCIAS ÁREAS DE TRABAJO | SI | NO |
|---|---|---|
| Trabajar en frutería: reponiendo, colocando, pesando y vendiendo | | |
| En venta de mercancías, recibir dinero que entreguen los clientes y devolver el cambio utilizando máquinas registradoras y entregando factura de la compra realizada | | |
| Formar parte de la cadena de montaje de una fábrica | | |
| Cocina: aprender a usar los utensilios, el horno y hacer recetas | | |
| Aplicar masajes con fines terapéuticos, cosméticos y/o deportivos | | |
| Preparar y tratar la madera para obtener muebles, así como repararlos | | |
| Diseñar y confeccionar prendas de vestir | | |
| Limpiar los cristales de los edificios | | |
| Fotógrafo profesional | | |
| Estar en una recepción y atención de llamadas | | |
| Atención de personas que necesiten ayuda | | |

Figura 165: Documento de evaluación utilizado para la selección de participantes en el caso de uso.


© 2025 Nokia

En total fueron seleccionados 10 participantes: 6 hombres y 4 mujeres. Para preservar su anonimato y garantizar la confidencialdad de datos personales a cada uno se les asignó un código alfanumérico, compuesto por las letras “TC” (Teleformación en cocina) y un número del 1 al 10 (TC1-TC2-TC3-TC4-TC5-TC6-TC7-TC8-TC9-TC10).

## 7.2 Estructuración y contenidos de la teleformación

El contenido del curso se ha organizado en cuatro píldoras formativas secuenciadas, diseñadas para proporcionar progresivamente los conocimientos básicos necesarios antes de abordar el módulo final de aprendizaje aplicado, una receta. Cada una de estas píldoras introduce habilidades y conceptos que sirven de fundamento para el siguiente nivel, garantizando así un proceso formativo coherente y acumulativo.

Tras la adquisición de estos contenidos iniciales, el curso culmina con la elaboración completa de una receta. En este módulo final, las personas participantes ponen en práctica lo aprendido a través de todas las fases del proceso culinario: la higiene previa, la preparación del material e ingredientes necesarios, la elaboración paso a paso y, finalmente, la presentación del producto elaborado.

**Píldoras formativas**

Las píldoras de contenido se agrupan en torno a cuatro bloques temáticos fundamentales:

1. Ingredientes y utensilios: estas primeras píldoras servían para introducir a los participantes en el reconocimiento y correcta identificación de los ingredientes básicos que se emplean en la elaboración posterior de la receta. Asimismo, se detalla cómo usar correctamente cada uno de los utensilios de cocina. Realizar esto en un entorno virtual permite explorar visualmente la mesa y los elementos (ingredientes y utensilios) disponibles, facilitando la asociación visual entre objeto y función.
2. Uso del horno: se muestra el manejo seguro y eficiente del horno, incluyendo el encendido, precalentamiento y la elección de la temperatura y el tiempo.


© 2025 Nokia

3. Uso del peso: esta píldora se centra en el pesaje correcto de los ingredientes, un aspecto esencial para garantizar la precisión de las recetas. Se explica el funcionamiento de la báscula digital, el uso de la tara del recipiente y el cálculo correcto de las cantidades. El soporte visual inmersivo facilita la comprensión del procedimiento en tiempo real, reforzando la precisión y la autonomía del participante en esta tarea.
4. Montar claras a punto de nieve: La última píldora aborda una técnica específica de la repostería: montar claras a punto de nieve. Se muestra cómo separar adecuadamente las claras, el uso correcto de la varilla manual y los indicadores visuales y texturales que permiten identificar el punto óptimo del montado. Gracias a la perspectiva envolvente del vídeo, los participantes pueden observar con detalle el cambio progresivo de textura y los movimientos de batido, lo que facilita la reproducción posterior del proceso durante la práctica guiada.

**Receta**

La grabación completa de la receta tuvo una duración total de 60 minutos y fue estructurada en tres bloques temáticos claramente diferenciados, con el objetivo de facilitar su comprensión y seguimiento por parte de los participantes en el entorno de realidad mixta.

**Primer bloque – Introducción y preparación previa**

Este segmento inicial tuvo como propósito contextualizar la actividad culinaria. Se presentó una revisión detallada de los utensilios necesarios para la elaboración de la receta, así como un repaso exhaustivo de los ingredientes, tanto en términos de cantidad como de características específicas. Además, se abordó la importancia de mantener una correcta higiene de manos antes de comenzar la manipulación de alimentos, reforzando buenas prácticas de seguridad e higiene alimentaria. Por último, se explicó el procedimiento adecuado para realizar el pesado de los ingredientes, haciendo énfasis en la precisión y el orden de medición como aspectos fundamentales para un buen resultado de la receta.

**Segundo bloque – Elaboración de la masa**

En esta sección se mostró paso a paso el proceso completo de preparación de la masa de las magdalenas. Se detallaron las técnicas de mezclado, el orden en la incorporación de los


© 2025 Nokia

ingredientes, los tiempos aproximados de batido y las recomendaciones para obtener una textura homogénea y aireada. Durante este bloque, se hizo especial énfasis en los aspectos técnicos de la manipulación de la mezcla, con el fin de que los participantes comprendieran cómo identificar visual y sensorialmente el punto óptimo de la masa.

**Tercer bloque – Horneado y finalización de la receta**

El bloque final estuvo centrado en el proceso de horneado. Se explicó el funcionamiento del horno, incluyendo el ajuste de temperatura, el uso de modos de cocción adecuados y el tiempo estimado de horneado. Asimismo, se ofrecieron recomendaciones para comprobar el punto de cocción de las magdalenas sin alterar su estructura. Finalmente, se mostró cómo desmoldar correctamente las piezas una vez finalizado el horneado, garantizando su integridad física y presentación final.

Se ha realizado la transformación de un curso de cocina tradicional a un formato innovador apoyado en tecnologías de realidad virtual y realidad mixta. Para ello, se estableció una analogía directa entre las fases del curso tradicional y el entorno virtual, respetando los objetivos pedagógicos de cada una, pero adaptando los medios y metodologías a las nuevas tecnologías.

Después de las reuniones con la profesora responsable de cocina junto con las psicólogas y los profesionales de ingeniería se decidieron establecer las siguientes fases para el aprendizaje:

- Visionado de las píldoras /receta en 360º: los participantes accedían a contenidos audiovisuales inmersivos (previamente pregrabados) mediante el uso de las gafas de realidad virtual.
- Práctica guiada con el sistema SnOwl: esta fase integraba ejercicios prácticos en los que los participantes reproducían los procedimientos visualizados y la profesional lo supervisaba con el sistema SnOwl proporcionando las indicaciones precisas.
- Visionado de píldoras en realidad mixta: los contenidos se enriquecieron mediante la combinación de entornos virtuales con elementos del entorno físico para favorecer una comprensión más contextualizada. De esta manera, podían practicar en la realidad mientras se encontraban viendo el vídeo con las indicaciones. Asimismo,


© 2025 Nokia

podían pausar, adelantar o atrasar el vídeo en función de lo que necesitasen, ya que gracias a los botones virtuales el usuario podría controlar la reproducción del vídeo. La combinación de elementos virtuales con elementos del entorno físico favorecen una comprensión más contextualizada de los contenidos.

- Evaluación final con el sistema SnOwl: para valorar el aprendizaje se estableció esta última fase en la que los participantes aplicaban lo aprendido siendo evaluados con el mismo formato que en la práctica guiada pero, sin indicaciones, solo supervisando cómo realizaban la tarea.

## 7.3 Desarrollo de las sesiones

Los tipos de sesiones que se llevaron a cabo fueron:

- Sesiones de sensibilización y adaptación a la tecnología.
- Sesiones píldoras formativas
- Sesiones elaboración de la receta

<u>Sesiones de sensibilización a la tecnología</u>

Antes de empezar con la visualización de los contenidos se llevaron a cabo sesiones de sensibilización a la tecnología para explicar a los participantes el funcionamiento de la misma y que tuviesen una adaptación progresiva.

Estas sesiones tenían tres objetivos fundamentales:

- Familiarización con la tecnología: permitir que se adapten a un entorno nuevo y desconocido, el entorno virtual.
- Adaptación sensorial: prevenir reacciones como puede ser el mareo o el dolor de cabeza, así como adaptarse a “ver otra realidad”.
- Adaptación física: prevenir molestias físicas y adaptarse tanto al peso como al roce de las gafas.

De los 10 participantes, estas sesiones solo se llevaron a cabo con 8 porque los otros dos participantes ya tenían experiencia con el uso de la tecnología inmersiva.


© 2025 Nokia

Se trabajó la adaptación a las gafas en las dos modalidades en las que se iban a utilizar para este caso de uso:

Visionado de vídeos en 360º: en este caso se mostraron vídeos con escenarios agradables tales como una playa y un bosque.

Visionado en realidad mixta: esto se hacía con el objetivo de que se habituasen a estar viendo contenido en las gafas y el "mundo real" al mismo tiempo.

Todos los participantes se adaptaron adecuadamente y mostraron motivación para participar y empezar con el desarrollo del curso.

Píldora 1: Ingredientes y utensilios

El desarrollo de esta píldora tuvo lugar durante un total de 28 sesiones distribuidas en las siguientes fases: visionado de vídeos 360° (10 sesiones), práctica guiada con Snowl (9 sesiones) y práctica en realidad mixta (9 sesiones); resumen presentado en la Tabla 14.

Tabla 14: Desarrollo de esta píldora que tuvo lugar durante un total de 28 sesiones.

| **Píldora 1: Ingredientes y utensilios** | |
|---|---|
| **Fase** | **Número de sesiones** |
| Visionado Vídeos 360º | 10 |
| Práctica Guiada con Snowl | 9 |
| Práctica Realidad Mixta | 9 |
| Evaluación Final con Snowl | 0 |
| Total | **28** |

Las fases de visionado en 360º y de práctica con realidad mixta se llevaron a cabo en el aula de informática del centro ocupacional. Mientras que la fase de práctica guiada con Snowl tuvo lugar en el piso formativo, con los participantes en la cocina y la profesora dando las indicaciones correspondientes desde otra estancia.


© 2025 Nokia

Durante el desarrollo de esta píldora el participante TC10 dejó de participar al tener otra formación incompatible. Se incorporó uno nuevo, pero solo pasó por la fase de Visionado 360º. En esta píldora no se consideró necesario llevar a cabo la fase de evaluación final puesto que por la sencillez de los contenidos se comprobó que todos habían adquirido los aprendizajes correspondientes adecuadamente.

Píldora 2: Uso del horno

Esta píldora se desarrolló en un total de 40 sesiones: visionado de vídeos 360° (10), práctica guiada con Snowl (10), práctica en realidad mixta (10) y evaluación final con Snowl (10), resumen presentado en la Tabla 15.

Tabla 15: Desarrollo de esta píldora que tuvo lugar durante un total de 40 sesiones.

| **Píldora 2: Uso del horno** | |
|---|---|
| **Fase** | **Número de sesiones** |
| Visionado Vídeos 360º | 10 |
| Práctica Guiada con Snowl | 10 |
| Práctica Realidad Mixta | 10 |
| Evaluación Final con Snowl | 10 |
| Total | **40** |

La fase de visionado 360º se llevó a cabo en el aula de informática del centro ocupacional. Las otras tres fases fueron desarrolladas en la cocina del piso formativo, puesto que los participantes necesitaban utilizar el horno y poder practicar con los botones.

En el vídeo se introdujeron unas guías visuales para explicar la analogía entre los botones del horno industrial que fue el que aparecía en las grabaciones y los botones del horno convencional que fue el que se utilizó en las fases de práctica guiada, realidad mixta y evaluación final.


© 2025 Nokia

Además, antes de llevar a cabo la práctica guiada con el sistema Snowl fue necesario enseñar a los participantes a utilizar correctamente la lupa. Esto permitía que pudiesen mostrarlos a la profesora y ella pudiese ir proporcionándoles las indicaciones necesarias sobre el encendido, la temperatura y el tiempo.

Píldora 3: Uso del peso de cocina

El desarrollo de esta píldora se llevó a cabo en un total de 28 sesiones: visionado de vídeos 360° (10), práctica guiada con Snowl (9) y práctica en realidad mixta (9); resumen presentado en la Tabla 16.

Tabla 16: Desarrollo de esta píldora que tuvo lugar durante un total de 28 sesiones.

| **Píldora 3: Uso del peso de cocina** | |
|---|---|
| **Fase** | **Número de sesiones** |
| Visionado Vídeos 360º | 10 |
| Práctica Guiada con Snowl | 9 |
| Práctica Realidad Mixta | 9 |
| Evaluación Final con Snowl | 0 |
| Total | **28** |

Las fases de visionado en 360º y de práctica con realidad mixta se llevaron a cabo en el aula de informática del centro ocupacional. Mientras que la fase de práctica guiada con Snowl tuvo lugar en el piso formativo, con los participantes en la cocina y la profesora dando las indicaciones correspondientes desde otra estancia.

En esta píldora no se consideró necesario llevar a cabo la fase de evaluación final puesto que por la sencillez de los contenidos se comprobó que todos habían adquirido los aprendizajes correspondientes adecuadamente en las fases anteriores.


© 2025 Nokia

Píldora 4: Montar claras a punto de nieve

Esta píldora se desarrolló con un total de 19 sesiones: visionado de vídeos 360° (9), práctica guiada con Snowl (9) y práctica en realidad mixta (1); resumen presentado en la Tabla 17.

Tabla 17: Desarrollo de esta píldora que tuvo lugar durante un total de 19 sesiones.

| **Píldora 4: Montar claras a punto de nieve** | |
|---|---|
| **Fase** | **Número de sesiones** |
| Visionado Vídeos 360º | 9 |
| Práctica Guiada con Snowl | 9 |
| Práctica Realidad Mixta | 1 |
| Evaluación Final con Snowl | 0 |
| Total | **19** |

La fase de visionado 360º se llevó a cabo en el aula de informática del centro ocupacional. Las otras dos fases fueron desarrolladas en la cocina del piso formativo, puesto que era necesario utilizar la cocina para poder hacer adecuadamente la práctica.

En este caso solo se llevó a cabo la fase de realidad mixta con un participante para probar que funcionaba todo correctamente. Con el resto por motivos de tiempo y organización del centro en periodo estival no se realizó esta fase.

**Elaboración de una receta completa**

Una vez que se realizaron las cuatro píldoras formativas que introducían los contenidos y habilidades principales que se iban a utilizar en la receta, se comenzó con el desarrollo de la misma.

Esta parte tuvo lugar entre los meses de septiembre y noviembre de 2025, con un total de 40 sesiones. La hicieron 8 de los 10 participantes, ya que dos de ellos se encontraban realizando un curso fuera del centro.


© 2025 Nokia

Para el visionado de los vídeos 360º se requirieron 3 sesiones por cada participante ya que el vídeo duraba algo más de una hora y se decidió estructurarlo en tres partes para facilitar el aprendizaje y la atención de los participantes, así como para prevenir la fatiga visual; resumido en la Tabla 18.

Se estructuró de la siguiente forma:

- Vídeo 1: Introducción y preparación previa
- Vídeo 2: Elaboración de la masa
- Vídeo 3: Horneado y desmoldado

Tabla 18: Desarrollo de la receta que tuvo lugar durante un total de 40 sesiones.

| **Elaboración de una receta completa** | |
|---|---|
| **Fase** | **Número de sesiones** |
| Visionado Vídeos 360º | 24 |
| Práctica Guiada con Snowl | 8 |
| Práctica Realidad Mixta | 8 |
| Total | **40** |

La fase de visionado 360º se llevó a cabo en el aula de informática del centro ocupacional. Las otras dos fases fueron desarrolladas en la cocina del piso formativo, puesto que era necesario utilizar la cocina para poder hacer adecuadamente la práctica.

En la fase de Realidad Mixta, se incluyó la receta (ver Figura 166) en papel para que pudieran tener más seguridad y consultarla durante su elaboración.


© 2025 Nokia

**MAGDALENAS DE LECHE Y ACEITE**

INGREDIENTES

| | |
|---|---|
| 240 g | Harina |
| 160 g | Azúcar |
| 135 g | Leche |
| 160 g | Aceite de oliva suave |
| 2 | Huevos |
| 2 ctas | Impulsor (levadura química) |
| | Esencia de vainilla |

ELABORACIÓN

1) Pesar y medir todos los ingredientes.
2) Encender el horno a 200°.
3) Batir los huevos un poco en un bol grande, añadir el azúcar y seguir batiendo hasta que se pongan blancos.
4) Añadir despacio el aceite y la leche, mezclando.
5) Añadir la esencia de vainilla y mezclar todo.
6) Pasar por un colador la harina y la levadura y añadir a la mezcla poco a poco con cuidado.
7) Colocar los moldes de papel de las magdalenas en los huecos de un molde de horno para magdalenas.
8) Llenar los moldes de papel un poco más de la mitad. Añadir un poco de azúcar por encima y dejar reposar 5 minutos.
9) Meter las magdalenas en el horno durante 12 minutos.
10) Sacar del horno el molde. Sacar las magdalenas y dejar enfriar en una rejilla.

Figura 166: Receta de magdalenas que fue seguida e impresa en papel como recurso de apoyo.


© 2025 Nokia

## 7.4 Evaluación

La evaluación del curso se llevó a cabo de manera continua, con el objetivo de asegurar la comprensión y la correcta asimilación de los contenidos por parte de las personas participantes. Tras el visionado de cada una de las píldoras formativas, se administraron cuestionarios impresos diseñados ad hoc por la profesora de cocina, en función de los contenidos explicados en cada vídeo. Estos instrumentos permitieron comprobar si los participantes habían adquirido los conocimientos correspondientes.

En aquellos casos en los que se detectó que un participante no había comprendido completamente el contenido, se procedió a la revisión del vídeo tantas veces como fuera necesario, garantizando así un aprendizaje reforzado y adaptado al ritmo individual.

Cabe destacar que, para la cuarta píldora (montar claras a punto de nieve) y para el vídeo correspondiente a la receta completa, la evaluación se realizó de manera totalmente práctica, dado que la adquisición de estas habilidades se basa principalmente en la destreza manual y la ejecución correcta de los procedimientos.

En la Figura 167, la Figura 168 y la Figura 169 se presentan los cuestionarios correspondientes a cada una de las píldoras formativas que permitieron sistematizar y documentar la evaluación continua del aprendizaje.


© 2025 Nokia

IDENTIFICADOR: ..... FECHA: .....

TACHA LOS INGREDIENTES QUE **NO** APARECEN EN EL VÍDEO

UNE CON UNA FLECHA CADA UTENSILIO CON SU NOMBRE

LENGUA

COLADOR

BOL

RALLADOR

VARILLA

Figura 167: Cuestionarios Evaluación Píldora 1: Ingredientes y utensilios.


© 2025 Nokia

IDENTIFICADOR: ..... FECHA: .....

PARA QUÉ SIRVE CADA BOTÓN DE HORNO. UNE CON UNA FLECHA

ENCENDER EL HORNO

PONER TEMPERATURA

PONER EL TIEMPO

Figura 168: Cuestionario Evaluación Píldora 2: Uso del Horno.


© 2025 Nokia

IDENTIFICADOR: ..... FECHA: .....

PON UNA FLECHA AL LADO DEL BOTÓN DEL PESO QUE SIRVE PARA ENCENDER Y ESCRIBE LA PALABRA "encendido" Y LUEGO PON UNA FLECHA AL LADO DEL BOTÓN QUE SIRVE PARA QUE EL PESO SE PONGA A 0 LA PALABRA "cero" Y UNE CON UNA FLECHA



UNE CON UNA FLECHA CADA CANTIDAD CON LA FOTO DE SU PESO

250 g

360 g

200 g

120 g

Figura 169: Cuestionario Evaluación Píldora 3: Uso del peso de cocina.

## 7.5 Resultados y conclusiones

La experiencia desarrollada a en este proyecto ha demostrado de manera clara que la integración de tecnologías inmersivas en procesos formativos dirigidos a personas con discapacidad intelectual no solo es viable, sino altamente beneficiosa cuando se hace desde un enfoque accesible e inclusivo.

Los diez participantes aprendieron correctamente los contenidos teóricos y prácticos mostrados en las píldoras y los ocho que participaron la fase de la receta fueron capaces de aprender a realizarla de forma autónoma. Esto hace que este tipo de tecnología sea una


© 2025 Nokia

solución para superar las barreras, a veces por temas de presencialidad, que las personas se encuentran para acceder a formaciones certificadas.

El uso de las gafas de realidad virtual y del sistema Snowl ha permitido crear un entorno de aprendizaje centrado en la persona, adaptado a sus ritmos y necesidades, reduciendo las barreras que muchas veces impiden la participación de este colectivo en formaciones convencionales. Gracias a la presentación del contenido en un formato esencialmente visual, estructurado en píldoras de aprendizaje breves y bien definidas, se favorece una mayor comprensión y retención de los conceptos clave, algo fundamental cuando hablamos de formación práctica como es el caso del aprendizaje de habilidades básicas de cocina.

Uno de los aspectos más destacables ha sido la mejora significativa en la capacidad de atención y concentración de los participantes. Al visualizar los contenidos directamente a través de las gafas, se elimina una gran parte de los estímulos y distracciones del entorno físico, generando un espacio más controlado, enfocado y envolvente. Esto contribuye a que las personas se sientan más seguras, se concentren mejor y logren un aprendizaje más profundo. Además, la inmersión les permite no solo observar pasivamente, sino experimentar una mayor sensación de presencia dentro del entorno de aprendizaje, lo que incrementa su implicación emocional y motivación para aprender.

La accesibilidad de la tecnología ha sido otro punto clave. El sistema se diseñó pensando en facilitar la interacción intuitiva y reducir la necesidad de habilidades técnicas complejas, garantizando así que cualquier persona, con independencia de su nivel de alfabetización digital pudiera participar activamente. Además, al incorporar el sistema Snowl, que permite una supervisión remota pero cercana por parte de profesionales, se ha conseguido mantener un acompañamiento personalizado sin generar sensación de sobreprotección, fomentando la autonomía progresiva del participante. En este sentido, la combinación entre guía, práctica y posterior evaluación sin ayuda ha reforzado su capacidad para enfrentarse a retos de manera autónoma y con mayor confianza.

Otro elemento a resaltar es el impacto emocional del proceso. Para muchas de las personas participantes, formar parte de una formación tecnológica de este tipo ha sido percibido como una oportunidad valiosa, innovadora y motivadora. El simple hecho de utilizar herramientas que tradicionalmente se asocian a contextos educativos avanzados o a


© 2025 Nokia

formación profesional ha generado en ellos un sentimiento de empoderamiento y reconocimiento, demostrando que con los apoyos adecuados, todos pueden aprender, avanzar y disfrutar del proceso.

En definitiva, esta experiencia confirma que la tecnología, cuando se diseña con criterios de accesibilidad e inclusión, puede ser una gran aliada para favorecer la equidad en el acceso al conocimiento, mejorar la motivación y autoestima de las personas con discapacidad intelectual, así como potenciar habilidades que les permitan una mayor autonomía en su vida diaria.


© 2025 Nokia

# 8 Acrónimos

| | |
|---|---|
| COFOIL | Centro Ocupacional de Formación, Oportunidades e Inserción Socio Laboral |
| DI | Discapacidad Intelectual |
| DoF | Grados de Libertad |
| HMD | Head Mounted Display |
| IC | Intervalo de Confianza |
| ICI | Índice de Control de la Impulsividad |
| QoE | Calidad de Experiencia |
| RA | Realidad Aumentada |
| SSQ | Simulator Sickness Questionnaire |
| SUS | System Usability Scale |
| VPNs | Redes Privadas Virtuales |
| VR | Virtual Reality |
| XR | eXtended Reality |


© 2025 Nokia

# 9 Índice de tablas

Tabla 1: Información de los participantes con su discapacidad, características relevantes y porcentaje de calibraciones exitosas. ..... 129

Tabla 2: Calibraciones exitosas por grupos de usuarios, con o sin impedimentos visuales. ..... 129

Tabla 3: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba t de Student de aciertos en el test CUMANIN-2. ..... 167

Tabla 4: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba t de Student de tiempo en el test CUMANIN-2. ..... 168

Tabla 5: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba t de Student de aciertos en el test CAMCOG. ..... 168

Tabla 6: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba *t* de Student de aciertos en el test CARAS-R. ..... 169

Tabla 7: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba *t* de Student de errores en el test CARAS-R. ..... 170

Tabla 8: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba t de Student de aciertos en el test Cats and dogs. ..... 171

Tabla 9: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba t de Student de tiempos en el test Cats and dogs. ..... 171

Tabla 10: Análisis de significación estadística realizado mediante la prueba *t* de Student de tiempos en el test Trail Making Test Forma A. ..... 172

Tabla 11: Cuestionario realizado a la profesional tras la utilización del búho/Snowl.. 201

Tabla 12: Cuestionario realizado a estudiantes tras la visualización de píldoras. ..... 204

Tabla 13: Cuestionario realizado a estudiantes tras la realidad extendida. ..... 205

Tabla 14: Desarrollo de esta píldora que tuvo lugar durante un total de 28 sesiones. 233

Tabla 15: Desarrollo de esta píldora que tuvo lugar durante un total de 40 sesiones. 234

Tabla 16: Desarrollo de esta píldora que tuvo lugar durante un total de 28 sesiones. 235


© 2025 Nokia

Tabla 17: Desarrollo de esta píldora que tuvo lugar durante un total de 19 sesiones. 236

Tabla 18: Desarrollo de la receta que tuvo lugar durante un total de 40 sesiones..... 237


© 2025 Nokia

# 10 Índice de figuras

Figura 1: Espacio en el que se llevaron a cabo las sesiones de entrenamiento. ..... 7

Figura 2: Gafas VR HTC XR Elite. ..... 8

Figura 3: HTC Vive Full Face Tracker. ..... 8

Figura 4: Empatica Embrace Plus junto con la aplicación que recoge los datos, que es Empatica Care. ..... 9

Figura 5: Sensores EMG Pico Blue. ..... 10

Figura 6: Ordenador MSI Pulse 17 B13VGK junto con la aplicación de control. ..... 10

Figura 7: Router Xiaomi AX3200. ..... 11

Figura 8: Cafetería tarea 1, nivel 1. Mesas con platos sucios y con comida separados. 12

Figura 9: Cafetería tarea 1, nivel 6. Mesas con platos sucios y con comida entremezclados. ..... 12

Figura 10: Cafetería tarea 2, nivel 1. Productos de la barra de servicio diferentes entre sí. ..... 13

Figura 11: Cafetería tarea 2, nivel 6. Productos de barra de servicio parecidos entre sí. 13

Figura 12: Supermercado nivel 1. Selección de productos mostrados en el estante 1. 14

Figura 13: Supermercado nivel 6. Selección de productos mostrados en el estante 1. 15

Figura 14: Distractores que no están en los estantes. ..... 15

Figura 15: Supermercado nivel 6. Selección de productos mostrados en el estante 2. 16

Figura 16: Lógica de juego en el entrenamiento cognitivo. ..... 17

Figura 17: Escenario inicial del supermercado. ..... 19

Figura 18: Un usuario y una profesional del centro probando la primera versión de la aplicación de entrenamiento cognitivo. ..... 21

Figura 19: Adaptación del relieve de las cajas del suelo de la sala de informática. ..... 21

Figura 20: Aplicación de control de la terapeuta. ..... 25


© 2025 Nokia

Figura 21: Ejemplo de un archivo de monitorización de la sesión con los datos de las sesiones. ..... 26

Figura 22: Ejemplo de un archivo de monitorización de la sesión con los datos de la escena de calibración amigable. ..... 26

Figura 23: Ejemplo de un archivo de monitorización de la sesión con los datos del seguimiento de ojos y la posición y rotación de la cabeza. ..... 27

Figura 24: Ejemplo de un archivo de monitorización de la sesión con las posiciones de objetos que se mueven durante la escena. ..... 27

Figura 25: Escenario virtual de la cafetería..... 29

Figura 26: Escenario virtual del supermercado..... 29

Figura 27: Menú de las gafas previo a lanzar la escena de calibración. ..... 33

Figura 28: Terapeuta colocando sensores EMG a un usuario del proyecto. ..... 34

Figura 29: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre presencia espacial en la Tarea 1 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. ..... 58

Figura 30: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre presencia espacial en la Tarea 1 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. 58

Figura 31: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la presencia espacial en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles. ..... 59

Figura 32: Valores de MOS de la pregunta “¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en la cafetería/supermercado?” en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC). ..... 60

Figura 33: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en el supermercado?” en los participantes EC1, EC4, EC5, EC7 y EC8. ..... 61

Figura 34: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en la cafetería?” en los participantes EC1, EC3, EC4, EC5 y EC8. ..... 61


© 2025 Nokia

Figura 35: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre carga mental en la Tarea 1 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. ..... 62

Figura 36: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre carga mental en la Tarea 1 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. 63

Figura 37: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la carga mental en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles. ..... 64

Figura 38: Valores de MOS de la pregunta "¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea?" en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC). 65

Figura 39: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea" (supermercado) en los participantes EC4, EC5 y EC8. ..... 66

Figura 40: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea" (cafetería) en los participantes EC4, EC5 y EC8. ..... 67

Figura 41: Valores de MOS de la pregunta "¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?" en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC). 68

Figura 42: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?" (supermercado) en los participantes EC1, ..... EC6 y EC7. ..... 69

Figura 43: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?" (cafetería) en los participantes EC1 y EC6. ..... 70

Figura 44: Valores de MOS de la pregunta "¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea?" en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC). 71

Figura 45: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea?" (supermercado) en los participantes EC1, EC3,..... EC6 y EC7. ..... 72


© 2025 Nokia

Figura 46: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea?” (cafetería) en los participantes EC1 y EC3. ..... 73

Figura 47: Gráfico circular que muestra el porcentaje de respuestas “sí” y “no” a la pregunta “¿Te has mareado?” en la Tarea 1. ..... 74

Figura 48: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la experiencia subjetiva en la Tarea 1 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. ..... 75

Figura 49: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la experiencia subjetiva en la Tarea 1 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. 75

Figura 50: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la experiencia subjetiva en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles. ..... 76

Figura 51: Valores de MOS de la pregunta “¿Cómo has hecho la tarea?” en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC). ..... 77

Figura 52: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Cómo has hecho la tarea?” (supermercado) en los participantes EC4, EC5, EC6 y EC7.. 78

Figura 53: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Cómo has hecho la tarea?” (cafetería) en el participante EC3. ..... 79

Figura 54: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la usabilidad en la Tarea 1 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. ..... 80

Figura 55: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la usabilidad en la Tarea 1 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. ..... 80

Figura 56: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la usabilidad en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles. ..... 81

Figura 57: Valores de MOS de la pregunta “¿Te ha parecido fácil coger los objetos?” en la Tarea 1 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC)..... 82


© 2025 Nokia

Figura 58: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Te ha parecido fácil coger los objetos?” (supermercado) en los participantes EC4, EC5, y EC8. ..... 83

Figura 59: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Te ha parecido fácil coger los objetos?” (cafetería) en los participantes EC1 y EC6. 84

Figura 60: Diagrama de sectores que muestra el porcentaje de respuestas “sí” y “no” a la pregunta “¿Te han molestado las gafas?” en la Tarea 1. ..... 85

Figura 61: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la presencia espacial en la Tarea 2 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. ..... 86

Figura 62: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la presencia espacial en la Tarea 2 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. 86

Figura 63: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la presencia espacial en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles. ..... 87

Figura 64: Valores de MOS de la pregunta “¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en la cafetería/supermercado?” en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC). ..... 88

Figura 65: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en el supermercado?” en los participantes EC1 y EC8. ..... 89

Figura 66: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Has sentido que podías tocar las cosas que había en la cafetería?” en los participantes EC1 y EC8. ..... 90

Figura 67: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la carga mental en la Tarea 2 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. ..... 91

Figura 68: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la carga mental en la Tarea 2 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. 91


© 2025 Nokia

Figura 69: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la carga mental en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles. ..... 92

Figura 70: Valores de MOS de la pregunta "¿Te has puesto cansado haciendo la tarea?" en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC).... 93

Figura 71: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?" (cafetería) en el participante EC6..... 94

Figura 72: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de pensar haciendo la tarea?" (supermercado) en los participantes EC1, EC6 y EC8. ..... 95

Figura 73: Valores de MOS de la pregunta "¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea?" en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC). 96

Figura 74: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea?" (cafetería) en el participante EC5. .... 97

Figura 75: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has puesto nervioso/a haciendo la tarea?" (supermercado) en el participante EC8. 97

Figura 76: Valores de MOS de la pregunta "¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea?" en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC). 98

Figura 77: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta "¿Te has cansado de moverte haciendo la tarea?" (supermercado) en los participantes EC1y EC6. ..... 99

Figura 78: Diagrama de sectores que muestra el porcentaje de respuestas "sí" y "no" a la pregunta "¿Te has mareado?" en la Tarea 2. ..... 100

Figura 79: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la experiencia subjetiva en la Tarea 2 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. 101

Figura 80: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la experiencia subjetiva en la Tarea 2 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. ..... 102

Figura 81: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la experiencia subjetiva en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles. ..... 102


© 2025 Nokia

Figura 82: Valores de MOS de la pregunta “¿Cómo has hecho la tarea?” en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC). ..... 103

Figura 83: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Cómo has hecho la tarea?” (supermercado) en el participante EC8. ..... 104

Figura 84: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Cómo has hecho la tarea?” (cafetería) en los participantes EC5 y EC6..... 104

Figura 85: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la usabilidad en la Tarea 2 (cafetería), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles..... 105

Figura 86: Valores de MOS y CI de las preguntas sobre la usabilidad en la Tarea 2 (supermercado), desglosados por nivel y considerando el promedio de los niveles. ..... 106

Figura 87: Comparación entre el MOS y los CI de las preguntas relacionadas con la usabilidad en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), considerando el promedio de los niveles. ..... 106

Figura 88: Diagrama de sectores que muestra el porcentaje de respuestas “sí” y “no” a la pregunta “¿Te han molestado las gafas?” en la Tarea 2. ..... 107

Figura 89: Valores de MOS de la pregunta “¿Te ha parecido fácil coger los platos?” en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC)..... 108

Figura 90: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Te ha parecido fácil coger los objetos?” (cafetería) en los participantes EC4 y EC5. 109

Figura 91: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Te ha parecido fácil coger los objetos?” (supermercado) en los participantes EC4, EC6 y EC8..... 110

Figura 92: Valores de MOS de la pregunta “¿Has entendido bien lo que tenías que hacer?” en la Tarea 2 (cafetería y supermercado), desglosados por cada usuario (EC). 111

Figura 93: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Has entendido lo que tenías que hacer?” (cafetería) en los participantes EC3, EC4 y EC6. ..... 112

Figura 94: Evolución a lo largo de las sesiones de las respuestas a la pregunta “¿Has entendido lo que tenías que hacer?” (supermercado) en el participante EC8. 113


© 2025 Nokia

Figura 95: Mapa mental con la organización de temas, sub-temas y códigos. ..... 115

Figura 96: Tiempo empleado en completar un nivel sobre el número de respuestas correctas. ..... 124

Figura 97: Errores por repetición. ..... 125

Figura 98: Número de pausas por repetición. ..... 125

Figura 99: Duración de las pausas. ..... 126

Figura 100: Distribuciones del error en la primera escena de calibración. ..... 132

Figura 101: Distribuciones del error en la segunda escena de calibración. ..... 133

Figura 102: Miradas originales y corregidas en la primera escena del usuario EC6 sesión 2. ..... 135

Figura 103: Miradas originales y corregidas en la segunda escena del usuario EC6 sesión 2. ..... 136

Figura 104: Miradas originales y corregidas en la primera escena del usuario EC7 sesión 3. ..... 137

Figura 105: Miradas originales y corregidas en la segunda escena del usuario EC7 sesión 3. ..... 138

Figura 106: Correcciones que el algoritmo entrenado en los datos del usuario EC7 sesión 3 aplica a una cuadricula de puntos. ..... 139

Figura 107: Miradas originales y corregidas en la primera escena del usuario EC2 sesión 3. ..... 140

Figura 108: Miradas originales y corregidas en la segunda escena del usuario EC2 sesión 3. ..... 141

Figura 109: Miradas originales y corregidas en la primera escena del usuario EC2 sesión 1. ..... 142

Figura 110: Miradas originales y corregidas en la segunda escena del usuario EC2 sesión 1. ..... 143

Figura 111: Hoja de respuestas Cumanin-2 ..... 151

Figura 112: Hoja de respuestas Atención CAMCOG_DS ..... 153

Figura 113: Hoja de respuestas CARAS_R ..... 154


© 2025 Nokia

Figura 114: Hoja de Respuestas Cats and Dogs. ..... 156

Figura 115: Ensayo TMT A. ..... 157

Figura 116: Hoja de respuestas TMT A. ..... 157

Figura 117: Ensayo TMT B. ..... 158

Figura 118: Hoja de respuestas TMT B. ..... 159

Figura 119: Arquitectura general del sistema de teleformación, mostrando la relación entre las aplicaciones de control, visualización y telepresencia, el servidor intermedio y las conexiones VPN. ..... 178

Figura 120: Ejemplo de visualización de una píldora formativa en Realidad Aumentada sobre una superficie de trabajo en cocina. ..... 179

Figura 121: Captura de un entorno de visualización 360°, mostrando la experiencia inmersiva. ..... 179

Figura 122: Interfaz de la aplicación de control de la terapeuta, con opciones de supervisión y control del contenido visualizado por la persona usuaria. ..... 180

Figura 123: Esquema de funcionamiento del sistema SNOWL, mostrando la cámara 360°, la conexión remota y la visualización del entorno por parte de la formadora a través de las gafas XR. ..... 181

Figura 124: Diagrama del flujo de comunicación entre las aplicaciones de control, visualización y telepresencia a través del servidor intermedio y la conexión VPN. 181

Figura 125: Conjunto general del equipamiento XR utilizado en las sesiones de teleformación. ..... 182

Figura 126: Ejemplo de utilización del prototipo Snowl de Nokia en una sesión de teleformación en cocina. ..... 183

Figura 127: Ejemplo de utilización del prototipo Snowl y la lupa en una sesión de teleformación en cocina. ..... 183

Figura 128: Cocina del piso formativo de la Fundación Juan XXIII utilizada para las sesiones de teleformación. ..... 184

Figura 129: Cámara Insta360 Pro 2 utilizada para la grabación de las píldoras formativas. ..... 185


© 2025 Nokia

Figura 130: Cuatro fases progresivas en las que se estructuró la teleformación en cocina. ..... 186

Figura 131: Sesión de sensibilización con las gafas XR, mostrando la vista mixta entre entorno real y virtual. ..... 187

Figura 132: Ejemplo de experiencia inmersiva 360° en la visualización de una píldora formativa. ..... 188

Figura 133: Ejemplo de práctica en modo Realidad Aumentada en entorno doméstico, con las píldoras superpuestas al espacio real de cocina. ..... 189

Figura 134: Ejemplo de representación de los puntos de articulación capturados mediante seguimiento de manos. ..... 190

Figura 135: Ejemplo de visualización de los datos de orientación de cabeza. ..... 190

Figura 136: Ejemplo de gráfico de distribución temporal de las sesiones de formación. 192

Figura 137: Evolución del diseño de los botones interactivos y su posición en el entorno de Realidad Extendida. ..... 194

Figura 138: Ejemplo de una práctica guiada. ..... 196

Figura 139: Configuración para colocar objetos debajo de la lupa y facilitar que la profesora los vea con mejor calidad. ..... 197

Figura 140: Ejemplo de configuración de clases de uso del horno con la lupa en un trípode fácilmente movible. ..... 198

Figura 141: Apoyo con post-its en teleformación en cocina. ..... 199

Figura 142: Ejemplo de una estudiante realizando la práctica de montar claras a punto de nieve. ..... 200

Figura 143: Documento de evaluación utilizado para la selección de participantes en el caso de uso. ..... 228

Figura 144: Receta de magdalenas que fue seguida e impresa en papel como recurso de apoyo. ..... 238

Figura 145: Cuestionarios Evaluación Píldora 1: Ingredientes y utensilios. ..... 240

Figura 146: Cuestionario Evaluación Píldora 2: Uso del Horno. ..... 241

Figura 147: Cuestionario Evaluación Píldora 3: Uso del peso de cocina. ..... 242


© 2025 Nokia

# 11 Referencias

[1] Llanes-Jurado, J.; Marín-Morales, J.; Guixeres, J.; Alcañiz, M. Development and Calibration of an Eye-Tracking Fixation Identification Algorithm for Immersive Virtual Reality. Sensors 2020, 20, 4956.

[2] Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa


© 2025 Nokia

# 12 Anexo A

**Instrucciones de lanzamiento**

10 minutos antes de empezar:

Hacer el Login en la aplicación CareLab con el siguiente código QR

Conectar la pulsera al móvil

Poner la pulsera y comprobar que funcione mirando a la aplicación

Sentar al usuario en una silla y que esté relajado en la sala (10 minutos)

Justo antes de empezar la sesión:

Colocar los sensores EMG encima de su sitio en la estación de recarga para activarlos.

Inicializar la aplicación EMGandMotionTools.


© 2025 Nokia

Dar a Herramientas -> Buscar y conectar los sensores BT -> PicoBlue

Comprobar que valor de ID sistema sea 95 y darle al botón “Buscar y conectar sensores”

Comprobar que todos los 4 sensores sean conectados (sino darle otra vez a “Buscar y conectar sensores”)

Darle al botón Confirmar

Colocar los sensores con las pegatinas

Darle al botón “Play” y luego al botón “Grabar“

Para lanzar la aplicación

Lanzar el script de conexión de adb y lanzar aplicación. Con el script se conectan las gafas al ordenador mediante adb inalámbrico. Se lanzará directamente la interfaz una vez conectado.

Al terminar la sesión

Poner las gafas a cargar.

En la aplicación EMGandMotionTools:

Dar al botón “Detener” y guardar el fichero

Si no se usaran dentro de poco: Dar a Herramientas->Desconectar sensores BT

En la aplicación Care Lab hacer Logout

**Instrucciones de la sesión**

Empezar calibrando el Eyetracking.

Estas son las instrucciones para el uso del monitor para la terapia. La interfaz se divide en un área de visualización (derecha) en el que se podrán visualizar la vista del usuario. Para poder llevar a cabo la sesión se controlará la parte de la izquierda.

Antes de empezar, hay que introducir el Id del paciente, el número de sesión, en qué mano está puesta la pulsera. Si no se introduce, no se podrá iniciar la aplicación en las gafas. Una vez introducidos, hay que dar al botón de “empezar la aplicación” y empezará a funcionar el


© 2025 Nokia

contador que muestra el tiempo transcurrido de sesión. Si se quiere reiniciar el contador, habrá que darle al botón de reiniciar que está justo debajo del cuadro con el tiempo.

Lanzar la escena de calibración “Amigable” antes de empezar la sesión con la escena y la Tarea.

Seleccionar las escenas: Hay que pulsar los botones de “Entrenamiento”, “Tarea 1” y “Tarea 2” respectivamente para cada escenario. Para las “Tarea 1” y “Tarea 2”, hay un desplegable para seleccionar el nivel, no se podrá cargar la Tarea sin haber seleccionado antes el nivel.

Una vez dentro de la escena, se podrán lanzar audios durante las sesiones. Para elegir los audios, hay un menú desplegable.

Si se quiere reiniciar el nivel, se puede pulsar el botón “Reiniciar nivel”.

Reinicia el nivel COMPLETO, no la repetición.

Si no se ha contado un error, se puede añadir error que añadirá 1 al contador de errores.

En el apartado de vidas, cuenta las vidas que le quedan -> 3 son las máximas. Por cada 3 errores que haga el usuario, se reiniciará el nivel y se perderá una vida. Los errores NO aparecen, solamente las vidas que quedan. Cuando llegue a 0 vidas, se reiniciará el nivel, saldrá una notificación en la aplicación Unity de que tendrá que bajar de nivel. Habrá que bajar de nivel manualmente, NO lo hace automáticamente. Habrá que parar la sesión y hacer los cuestionarios (Apartado 10).

Cuando llega al máximo número de aciertos. Saldrá nivel finalizado y se quedará fijo. NO sube de nivel automáticamente. Habrá que parar la sesión y hacer los cuestionarios (Apartado 10).

Cuando haya terminado el nivel de la tarea, hay que volver a lanzar la escena de calibración “Amigable” y una vez completada, parar la aplicación. Hay que dar al botón de “parar la aplicación”. Si no se da al botón de parar la aplicación, no se dará por terminada la sesión ni se guardará el audio. Además, al darle a “parar la aplicación”, el contador se parará.

Hacer el cuestionario de después de la sesión.

IMPORTANTE -> UN CUESTIONARIO POR CADA NIVEL DE LA TAREA.


© 2025 Nokia

# 13 Anexo B

Por razones de confidencialidad y protección de datos, esta sección ha sido eliminada.


© 2025 Nokia