

# FORHHSS-TEA, support to the individual work system for people with Autism Spectrum Disorder using virtual and augmented reality

J. Sevilla<sup>1</sup>, L. Vera<sup>2</sup>, G. Herrera<sup>2</sup>, M. Fernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Computer Science. Universitat de Valencia, Spain

<sup>2</sup>IRTIC. Universitat de Valencia, Spain.

## Abstract

*The Individual Work System (IWS) is an essential element from the TEACCH program, designed by The University of North Carolina (USA), one of the most used all over the world for work with persons with Autism Spectrum Disorder (ASD). The FORHHSS-TEA project uses spatial augmented reality and virtual reality technologies, following the IWS, to help persons with ASD to develop areas where they usually have problems. In the VR version, the end-users wear virtual reality glasses and 3D scanners to detect their hands in order to interact with a virtual setting. In the AR version, participants interact with a real scenario that is augmented with projection lights in order to improve independent completion of tasks. Thus, many technologies are involved to evaluate the process: eye tracking, biosignals, and emotion recognition through facial analysis and IP cameras. By using these technologies, the concentration level and the state of the person with ASD are evaluated. In the platform, there are also pressure sensors to process the user interaction with the platform elements. The platform has been evaluated with 4 persons with ASD during 5 weeks. In this paper, it is presented the design of the platform, the session description and the results of the evaluation.*

## CCS Concepts

•**Computing methodologies** → *Virtual reality, Mixed/augmented Reality*; •**Applied Computing** → *Computer-assisted instructions*;

## 1. Introducción

La aplicación de la tecnología para mejorar la calidad de vida de las persona con Trastorno del Espectro del Autismo (TEA) es un área de investigación que ha crecido notablemente en la última década [AG14]. Muchos de estos estudios no añan el uso de varias tecnologías. En este trabajo se evalúa la efectividad de diferentes tipos de apoyos tecnológicos para favorecer el trabajo autónomo de la persona con autismo. Esto se conseguirá comparando experimentalmente el 'Sistema de trabajo individual' estándar, con versiones en las que se proporcionan apoyos tecnológicos de Realidad Virtual (RV) o de Realidad Aumentada Espacial (SAR).

El sistema de trabajo individualizado o IWS (del inglés, Individual Work System) es un elemento esencial del Programa TEACCH desarrollado por la Universidad de Carolina del Norte (EEUU) [KMW97], uno de los programas de mayor uso en todo el mundo y especialmente en España.

En las primeras fases de introducción del IWS con personas con autismo que se encuentran en un bajo nivel de desarrollo de sus capacidades, bien por tener una corta edad o por presentar simultáneamente una discapacidad intelectual de importancia, se tratan de evitar distractores a todos los niveles. Esto implica que la zona donde se realiza IWS siempre se coloque de cara a la pared y

no de cara a un espacio abierto, o una ventana- y que además se recomiende que inicialmente el niño se encuentre sentado en todo momento, para evitar los distractores con los que se podría encontrar si se desplazase (para coger una tarea o para depositarla una vez terminada).

Este trabajo se ha centrado en este grupo de personas y en las primeras fases de implantación, por ser estas las más críticas, se ha decidido utilizar un espacio reducido en el que el usuario con autismo no tuviese que levantarse de la silla para realizar sus tareas, al igual que se realizó en los tres únicos estudios conocidos hasta la fecha en los que se ha investigado sobre el IWS y siempre se ha realizado en un espacio cuyas dimensiones coinciden con las del espacio usado en la investigación [HO07] [BRW11] [ZT12].

El IWS se define como un espacio visualmente organizado donde los niños pueden poner en práctica habilidades adquiridas y donde se comunica al menos cuatro tipos de información al alumno (Ver Figura 1):

- (1) Las tareas que se supone que tiene que hacer.
- (2) Cuánto trabajo está aún pendiente.
- (3) Cómo el alumno sabe que ha finalizado una tarea.
- (4) Qué hacer cuando ha finalizado una tarea (qué es lo siguiente).



**Figure 1:** *Ejemplo de Sistema de Trabajo Individual*

Se ha implementado un sistema que cumple todos estos requisitos, dentro del proyecto FORHHSS-TEA, realizando sesiones a las que han acudido cuatro personas con TEA de diferentes edades y capacidades.

Con este sistema se desea evaluar si la Realidad Virtual y/o la Realidad Aumentada Espacial pueden servir para reducir el nivel de apoyo proporcionado por el monitor y por lo tanto resultar en un mayor nivel de autonomía del alumno con TEA. La estructura desarrollada, además de cumplir las necesidades básicas para realizar las actividades de la forma habitual, está dotada de un amplio conjunto de tecnologías que permiten realizar el seguimiento del usuario en su labor. Mientras el usuario realiza su trabajo se registra audio y vídeo de toda la sesión, el seguimiento de la mirada mientras trabaja, señales biológicas del usuario, su estado emocional mediante el análisis facial y datos relativos al desempeño de cada tarea. Toda esta información se estructura en torno a una sesión de trabajo, que incluye diversas actividades, y que al finalizar se procesa y se envía a un servidor web para su posterior evaluación.

Las sesiones pueden realizarse en 3 modos:

- **Modo real** (sin apoyo), donde el usuario no recibe ningún tipo de ayuda tecnológica para llevar a cabo la tarea, pero se registran todos los datos antes mencionados. Esta será considerada la línea base del estudio.
- **Modo realidad aumentada espacial(SAR)**. En este caso, el usuario recibe soporte mediante la proyección de luces aumentando la información de los elementos del entorno.
- **Modo realidad virtual(RV)**. Donde se reproduce un entorno virtual idéntico al real, con el que se interactúa con unas gafas de realidad virtual y un dispositivo tipo escáner 3D para detectar las manos.

Seguidamente se detalla el sistema, así como la realización del experimento y sus resultados.

## 2. Sistema

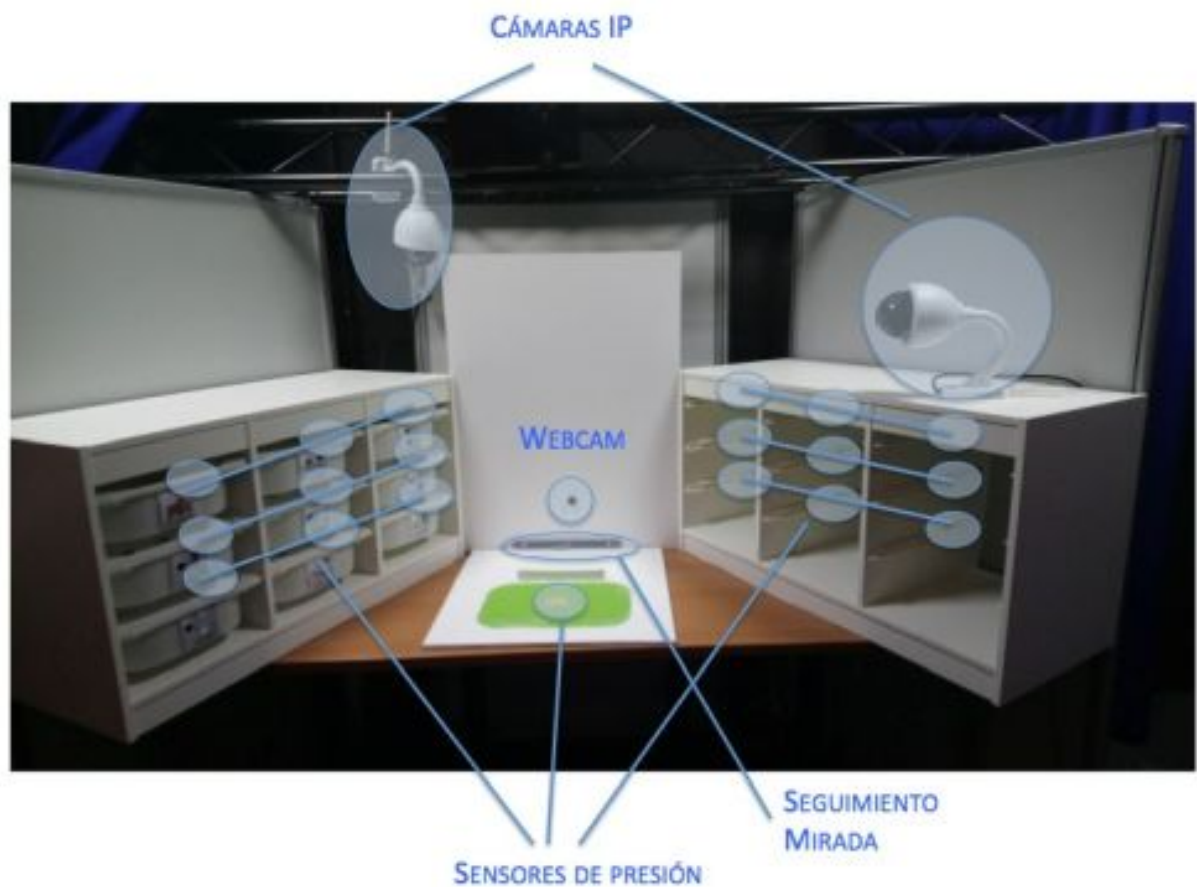
En el trabajo individualizado, el usuario tiene una zona localizada de origen, una de trabajo y una de trabajo finalizado. En esta investigación se ha respetado esta organización de la zona de trabajo. La plataforma de evaluación de este trabajo (ver figura 2) está compuesta por un entorno aislado de distractores ambientales, en el que se dispone una mesa amplia, donde a la izquierda está el origen del trabajo, estantería con una serie de bandejas con las tareas, la zona central de trabajo (mesa) y a la derecha, la estantería para el trabajo finalizado.

La zona de trabajo origen, está compuesta de varias bandejas, en este caso nueve como máximo, dispuestas como cajones y situadas a la izquierda. Estas, tienen que tener los materiales que la persona necesita para trabajar, y están diseñadas para ubicar en ellas pictogramas para identificar la tarea. Con esta disposición el objetivo sería que la persona por si misma fuera capaz de recoger la bandeja con la tarea, en el orden adecuado (de izquierda a derecha y de arriba a abajo), realizar el trabajo con los materiales de la bandeja y al terminar, lo dejara en el contenedor de la derecha en el orden que deseara. De esta forma, la persona tendría un nivel de autonomía importante para realizar las tareas que se quieran evaluar, y una zona determinada, para hacerlas.

Para automatizar el registro de datos para su posterior evaluación, mientras el usuario con TEA realiza sus tareas se recoge:

- Vídeo y audio de la zona de trabajo, donde se pueda ver exactamente toda la actividad del usuario durante la sesión.
- Registro de la emoción de la persona mientras realiza su trabajo.
- Estado de realización del trabajo, iniciado, terminado, etc.
- Información sobre su mirada, para determinar el nivel de concentración en función de donde esté mirando en cada momento.
- Datos biológicos del usuario.

Toda la información recogida en cada sesión es, al final del proceso, enviada a una plataforma web a modo de servidor, que almacena los datos, los indexa y permite su recuperación y visualización online posterior para su evaluación por profesionales en el área.



**Figure 2:** Plataforma de evaluación de FORHHSS-TEA

En la siguiente figura (ver figura 2) podemos ver la plataforma de evaluación resaltando la posición de los diferentes sensores que permiten obtener la información deseada (set para modo real y SAR).

A continuación, se expone, en detalle, la información que recoge el sistema.

### 2.1. Captura de audio y vídeo

La captura de vídeo y sonido durante la realización de la sesión tiene varios objetivos. Por una parte permitir al evaluador observar los detalles de la realización de la tarea, rutinas, posibles distracciones, etc., así como el nivel de ayuda que necesita en cada sesión. Esta evaluación por tanto puede realizarse en el entorno de trabajo y también a posteriori, permitiendo el trabajo de más de un experto en el área. Al tener tres vistas de la plataforma, una cenital, una de lado, y otra frontal, hay muy pocos detalles que pueden ocultarse. Por otra parte, otra función de las cámaras, en concreto de la cámara webcam, situada en el panel frontal del usuario, es capturar la imagen para posteriormente, mediante técnicas de análisis facial, poder detectar la emoción que experimenta el usuario mientras realiza la sesión (ver apartado 2.2 para más detalles).

En la siguiente figura (ver figura 3) podemos ver un fotograma de un mismo instante, para cada una de las cámaras. Como se puede observar, queda bajo supervisión la zona de trabajo al completo.

La cámara cenital y la lateral son cámaras IP Foscam, modelo FI982P. Estas cámaras poseen un enfoque automático, un zoom óptico de 3 aumentos y visión nocturna. Sus posibilidades de visión nocturna y enfoque automático ante los cambios de luz, han sido una razón importante para su elección, ya que los cambios de luz durante las sesiones con SAR son importantes. La cámara frontal es una cámara web de alta resolución. Se ha escogido una cámara de este tipo porque la zona central siempre está iluminada, por su resolución y por su reducido tamaño. El pequeño tamaño, distrae lo mínimo posible a la persona, que pierde su interés en el objeto a los pocos minutos de estar en la sesión.

### 2.2. Análisis facial

Las expresiones faciales son ampliamente utilizadas y aceptadas en la detección de emociones ya que se activan de forma inmediata con el afecto experimentado. A finales de los 70 Ekman y Friesen desarrollaron FACS donde los movimientos faciales son descritos como unidades de acción [EF78].



**Figure 3:** Plataforma de evaluación de FORHSS-TEA

Este trabajo fue tomado como base de trabajos más actuales, donde usando redes neuronales se han obtenido muy buenos resultados en el reconocimiento de expresiones faciales [JU10] [ZJM09]. En estos trabajos las acciones faciales dinámicas no se tienen en cuenta, únicamente se consideran los elementos faciales y los movimientos musculares [ZJM11].

Además de las expresiones faciales, existen técnicas para detectar emociones basadas en expresiones corporales [GP09], en el análisis del habla [CMMN13] y en las señales fisiológicas [KTH\*12]. En esta investigación se ha elegido este método, ya que las persona con TEA no siempre han desarrollado la capacidad de comunicarse oralmente y, del resto de métodos, éste es el menos invasivo y el que presenta mejores resultados.

El problema de este proceso es que conlleva un coste importante (sobre 5 segundos por imagen), ya que hay que procesar la imagen, reconocer las caras presentes y analizar sus gestos. Además del tiempo, implica una carga adicional al sistema. Al no ser necesaria la información durante la sesión, sino únicamente para su análisis posterior, este coste no implica un problema importante, y se decidió procesar el video frontal de la sesión para extraer información de las emociones del usuario una vez terminada la sesión, antes de enviar todos los datos a la plataforma web. Un problema importante de este método es que hay varias imágenes que se tienen que descartar por la presencia del monitor del usuario en la zona de trabajo. Aunque se ha acotado la imagen de la cámara frontal, hay ocasiones en que también aparece y el sistema no puede discernir quien es el usuario y quién no.

### 2.3. Seguimiento mirada

Para obtener más información sobre la concentración del usuario en la realización de la tarea es importante conocer si está mirando a la bandeja de trabajo, o no lo hace. Para ello, se estimó que lo más adecuado sería usar un sensor de seguimiento de mirada. Al igual que en el apartado de reconocimiento de emociones, también se ha creído oportuno usar un sistema de evaluación por cámara remota [Pen05]. Este sistema presenta más problemas que los dispuestos sobre la cabeza [Asi08], pero dada la naturaleza de las personas a las que se va a evaluar, tal intrusión supondría muchísimos problemas para realizar una evaluación adecuada. En estos sistemas se usan dos tipos de imágenes de vídeo, las del espectro visible y las del infrarrojo [HP05] que miden la luz ambiente reflejada en el ojo para detectar el contorno del iris. Sólo con el espectro visible es muy difícil evaluar, a no ser que haya una luz ambiente elevada, este problema se subsana añadiendo la luz infrarroja, ya que con esta luz el ojo es iluminado de forma constante y uniforme.

El sensor elegido es el Tobii eyetracker 4C [Tob18]. El motivo de su elección es su fiabilidad, es uno de los sensores con más tiempo en el mercado, está dotado con cámara real y cámara infrarroja, y tras su evaluación se observó que el rendimiento era óptimo, además de ofrecer un API integrable con nuestra plataforma.

Este sensor tiene un problema, ya que requiere una calibración inicial para su correcto funcionamiento. Este proceso es necesario si se quiere realizar un seguimiento con mínimos errores, pero no es necesario para saber si está mirando la bandeja, o una zona de tamaño similar. Conseguir que una persona con TEA y discapacidad intelectual grave comprenda el proceso y realice el calibrado de forma rápida es complejo. Por ello este proceso se descartó, op-

tando por un seguimiento de la mirada de grano grueso, a ciertas áreas amplias de la zona de trabajo.

## 2.4. Bioseñales

El estudio de las señales biológicas ha llegado a ser un importante indicador en el diagnóstico médico, el tratamiento y la monitorización pasiva de la salud. Estas señales contienen información fisiológica que reflejan el bienestar humano y su salud [Kan12]. El principal problema de este tipo de señales es que son intrusivas, ya que suelen requerir la colocación de electrodos, pulseras, o elementos similares para recoger estas señales. Debido a la notable aparición de dispositivos deportivos y de salud, en la actualidad hay sensores de este tipo que se conectan a un sistema externo mediante tecnología Bluetooth 4.0. Esta tecnología tiene el aliciente de que consume muy poca energía y está diseñada para ser usada con dispositivos móviles. Debido a que también existen adaptadores para ordenadores personales, estos dispositivos pueden ser usados con un ordenador con sistemas operativos Windows, Mac o Linux. Además, existe un protocolo genérico para la obtención de información de estos dispositivos, es el protocolo GATT [?]

Se estuvieron analizando varios dispositivos comerciales, y debido a que el protocolo GATT garantizaba la reutilización del código, inicialmente para FORRHSS-TEA se pensó en dispositivos lo más pequeños y normalizados posibles, que no tuvieran pantalla digital, para evitar elementos distractores para el usuario.

Con estas características, y adaptando el dispositivo brevemente para que se pudiese colocar de forma rápida, se escogió la pulsera inteligente MiBand de Xiaomi [Mib18] Se trata de un dispositivo que en el momento en el que se tomó la decisión ya llevaba un tiempo en el mercado, que tiene el aspecto de una pulsera normal y que es de tamaño muy reducido. Los datos que ofrece esta pulsera son de actividad física (número de pasos y pulsaciones). Para el proyecto hubiera sido interesante contar con otros indicadores, como la tasa de ansiedad, temperatura, etc. Pero los dispositivos que lo ofrecían, eran más aparatosos y tenían pantalla digital. En esta primera versión del proyecto se prefirió contar con menos indicadores, pero asegurar la aceptación por el mayor número de usuarios. Siendo conscientes además de que en el caso de que el dispositivo se cambiara por otro, únicamente habría que completar el código para captar la nueva información. Gracias al protocolo GATT, la conexión y la obtención de datos se realizaría con los desarrollos implementados en el proyecto.

## 2.5. Sensores de presión

Las sesiones de trabajo a evaluar se basan en la manipulación de bandejas reales que contienen cada una de las actividades a realizar. Por lo tanto un dato fundamental, para el seguimiento del trabajo realizado, es el registro de los siguientes eventos en el sistema:

- Extraer una bandeja concreta de la zona de trabajo origen (en el orden correcto).
- Colocar la bandeja en la zona central (mesa).
- Depositar la bandeja en la zona de trabajo final, una vez realizada la tarea.

El seguimiento de estos eventos nos ofrece mucha información sobre la sesión:

- Tiempos de inicio y fin para cada tarea a evaluar.
- Tiempos de puesta en marcha.
- Errores en la selección de tarea, al extraer una bandeja incorrecta.
- Errores en la finalización de tarea, al depositar la bandeja sin estar terminada la tarea y si vuelve a extraerla para terminarla.
- Comportamiento del usuario en la zona de trabajo. Se puede conocer si mueve demasiado la bandeja durante el trabajo.

Además de la información suministrada al evaluador, estos datos también aportan información al sistema. Con ellos, se conocen los ritmos de trabajo y el sistema puede activar o detener los procesos oportunos.

Para conocer esta información se ha recurrido a sensores de presión cableados contra una placa Arduino [Ard18]. En su momento se pensó en usar un sistema de visión artificial, dado que el sistema poseía cámaras en la escena, pero los sensores, aunque físicamente son más complejos de instalar, sobrecargan muy poco el sistema informático y su respuesta es instantánea. Con sistemas de visión artificial, se realiza una carga importante al sistema informático, además de obtener la información con un retraso mayor.

## 3. Modos de funcionamiento

Como hemos indicado anteriormente la aplicación tiene tres modos de funcionamiento para realizar una comparativa de tecnologías. La línea base se realiza sobre un entorno real donde el usuario no recibe ningún apoyo en la realización de la sesión, aunque todo se graba y registra igualmente. Este es el modo que hemos llamado modo real. A partir de él se construye el modo de realidad aumentada espacial (SAR) donde se dan apoyos al usuario por medio de la proyección de luces que guían la sesión. Y por otro lado, el modo realidad virtual replica de manera virtual el mismo entorno físico del modo real pero completamente virtual e inmersivo.

El desarrollo de todo el sistema se ha realizado sobre la plataforma Unity, creando escenas diferentes para cada entorno y controlando los distintos componentes tecnológicos mediante módulos independientes controlados por un gestor global.

Vamos a ver en detalle estos dos últimos modos.

### 3.1. Modo Realidad Aumentada Espacial.

La Realidad Aumentada Espacial (SAR – Spatial Augmented Reality) es una variación de la Realidad Aumentada que intenta ofrecer nuevas aproximaciones no basadas en dispositivos móviles y que intenta aprovechar dispositivos ópticos de gran tamaño y video-proyectores, combinando técnicas de calibrado y sistemas de renderizado interactivo [BR05]. En esta aplicación, la incorporación SAR, pretende facilitar la tarea del usuario motivándolo -ya que el entorno es más dinámico por el uso de luces proyectadas sobre la zona de trabajo y -lo más importante- ayudándole, ya que el sistema va marcando la pauta de trabajo y la opción correcta en cada caso.

Es importante recordar que el trabajo en la plataforma está basado en el trabajo individualizado, por lo que tiene:

- Una zona origen a la izquierda. Compuesta por varias bandejas con tareas identificadas con pictogramas.

- Una zona de trabajo en el centro. Donde se deposita la bandeja y se realiza la tarea implícita en la bandeja.
- Una zona de fin de trabajo. Compuesta por una estantería a la derecha para depositar las bandejas conforme se van terminando.

En el proceso de trabajo hay varios pasos, detectados por los sensores de presión del entorno:

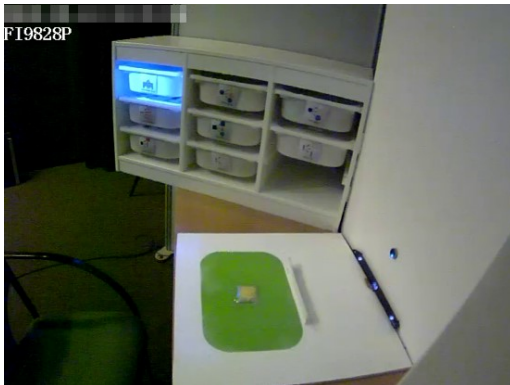
- Elección de bandeja de zona origen.
- Colocación de la bandeja en la zona de trabajo.
- Colocación de la bandeja en la zona de finalización de trabajo.

Cada vez que se realiza un paso, se desarrollan las acciones adecuadas en la plataforma. Estas acciones consisten en la iluminación de zonas determinadas de la escena mediante dos proyectores, uno situado detrás del usuario, que aumenta las zonas de trabajo origen y final, y otro en la parte superior de la pared frontal, que ilumina la zona de trabajo.

Inicialmente, en la zona de trabajo origen se ilumina exactamente qué bandeja es la que el usuario tiene que elegir para trabajar con ella (ver figura 4), la iluminación permanece constante, hasta que el usuario recoge la bandeja correcta.

Una vez retirada la bandeja, hecho que se detecta con el sensor de presión (detectando que se interrumpe la presión), se procede a ejecutar el siguiente paso, que es iluminar la zona de trabajo, para indicarle al usuario dónde debe colocar la bandeja para trabajar con ella. Mientras la bandeja no se coloca adecuadamente, detectado por el sensor de presión en la mesa, la iluminación permanece constante.

Al colocar la bandeja, se proyecta una luz más intensa sobre la zona de trabajo para reforzar el hecho de que ha dado el paso correcto, además de poder visualizar mejor los elementos de trabajo (ver figura 5).



**Figure 4:** Paso inicial de trabajo con realidad aumentada. Se ilumina la bandeja que el usuario tiene que elegir para trabajar con ella.

Una vez situada la bandeja en la zona de trabajo, el usuario realiza las tareas mientras se van registrando los datos en el sistema (análisis facial, señales biológicas, seguimiento de la mirada, audio y vídeo). Al terminar la tarea, se deja de proyectar sobre la zona de trabajo, y se aumenta la zona de trabajo finalizado, para indicar al usuario que debe dejar la bandeja en la zona de fin. Como no es



**Figure 5:** Al recoger la bandeja (superior) deja de iluminarse la bandeja, para iluminarse la zona central. Al colocar la bandeja en la zona adecuada (inferior) se ilumina la zona de una forma más intensa.

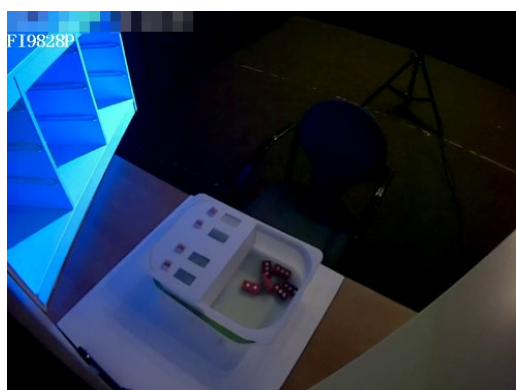
necesario que ponga la bandeja en ningún sitio en concreto, se proyecta luz, con el mismo color que había sobre el paso inicial, pero esta vez sobre toda la estantería final (ver figura 6).

Una vez depositada la bandeja, se cambia el tono de luz por otro más intenso a modo de refuerzo positivo, que se mantiene durante unos segundos. A continuación se vuelve a comenzar el ciclo en la zona de inicio, mientras existan tareas pendientes de realizar.

### 3.2. Modo Realidad virtual.

En lo referente al uso de realidad virtual (RV) se presentó un dilema. Por una parte se desea evitar al máximo el uso de tecnología invasiva, pero por otra se pretende alcanzar el máximo nivel de inmersión en RV posible y conseguir un parecido muy similar al modo real.

Inicialmente se planteó el uso de escáneres 3D como dispositivo de entrada, con el fin de que reconociese el cuerpo y en concreto las manos, además de pantallas para mostrar el entorno virtual, la ventaja que tenía este sistema es que no era invasivo, pero en cambio presenta inconvenientes importantes. Por una parte no tiene un elevado nivel de inmersión, y por otra parte presenta un componente de complejidad importante, en función de si se interactuara con el sistema en modo espejo, o en modo tercera persona. Estos modos



**Figure 6:** Al terminar el trabajo se aumenta la zona de fin de trabajo para que el usuario conozca que debe depositar la bandeja en la zona.

de trabajo, hacen referencia a la representación virtual del usuario, así como el modo de interacción en el entorno virtual.

Este sistema se desestimó y se optó por el uso de gafas de realidad virtual. El uso de este dispositivo tiene como principal inconveniente que es invasivo. Sin embargo, con su uso, se obtiene una inmersión muy alta, y una complejidad de uso muy reducida, ya que el usuario ve lo mismo que lo que vería en el entorno o modo real, e interactúa de la misma forma. Sólo se necesita superar el problema del uso de las gafas. La interacción con el entorno virtual se realiza mediante el dispositivo Leap Motion [Lea18] que, colocado sobre las gafas, permite reconocer las manos del usuario cada vez que las mira. Al sopesar la sencilla interacción y elevada inmersión, frente al problema de invasión, en el proyecto se eligió esta opción.

Después de preguntar a los profesionales de intervención de las personas con TEA que iban a colaborar en el proyecto, de realizar varias pruebas con usuarios, y de consultar varias publicaciones [BBSC15] [GGO\*17], se concluyó que únicamente en un pequeño porcentaje de casos podría suponer un problema importante, pero que en la mayoría no lo sería, y que como mucho serían necesarias unas breves sesiones de desensibilización para poder colocarse las gafas.

Las gafas de realidad virtual elegidas han sido las FOVE [Fov18], estos dispositivos tienen una calidad de visualización, tamaño y peso similar a las existentes en el mercado, en la línea de gama alta. Estas gafas poseen un sistema de seguimiento de la mirada. Este hecho es un elemento muy interesante, ya que al tener los ojos cubiertos era imposible monitorizarlos con una cámara remota.

El principal problema del uso de gafas de realidad virtual es que no se puede monitorizar el análisis facial para reconocimiento de emociones.

Para facilitar la comprensión e interacción con el entorno virtual, este entorno, así como las bandejas y los elementos de trabajo, son idénticos a los elementos reales en tamaño, aspecto y contenido. Las ayudas utilizadas en las sesiones de RV siguen el mismo patrón

que las usadas en SAR: resaltado de bandeja origen, así como una mayor iluminación sobre la zona de trabajo y zona de finalización de tarea. En este caso el seguimiento de la actividad del usuario es mucho mayor ya que el entorno es completamente digital y controlado virtualmente, por lo que podemos saber incluso el número de aciertos y errores en cada tarea.

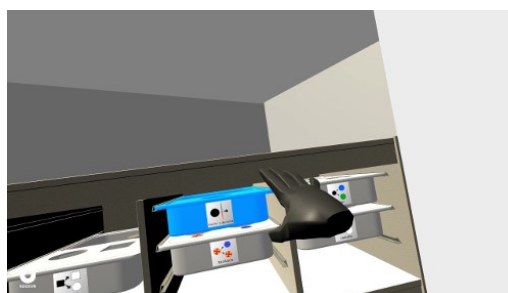


**Figure 7:** Una persona con TEA, con su educador detrás, trabajando en las sesiones de FORHHSS-TEA con las gafas de realidad virtual.

Las sesiones se realizaron con el usuario sentado en una silla, en la misma sala que en el resto de sesiones, pero ligeramente separado de la mesa, para evitar golpes. En la siguiente figura, ver figura 7, se muestra un usuario con TEA, junto a su monitor en la plataforma de evaluación con las gafas virtuales, retirado de la mesa de trabajo.

El usuario, además de ver la escena, simultáneamente puede visualizar sus manos y el movimiento en el entorno virtual, gracias al dispositivo Leap Motion. Al estar unido a las gafas, cada vez que el usuario mira sus manos, las capta el dispositivo y el sistema las muestra en el entorno virtual.

Al poder verse las manos, y existir una correspondencia entre sus movimientos y los de las *manos virtuales*, el usuario fácilmente puede asociar y comprender como interactuar con ellas en el entorno virtual. A continuación se exponen una serie de imágenes que muestran el entorno virtual en todos los pasos de trabajo de la actividad a realizar. Primero (ver figura 8) se muestra el momento inicial. En la zona de trabajo inicial se resalta una bandeja y el usuario puede cogerla mediante un movimiento natural de agarre.

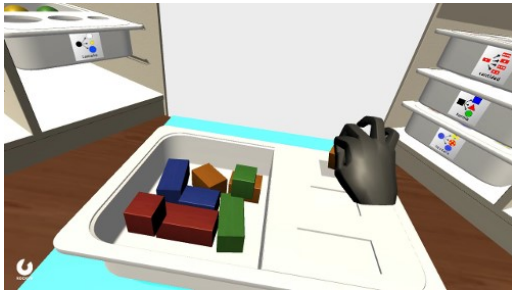


**Figure 8:** Paso inicial, el usuario coge con su mano la bandeja de la zona de inicio para trabajar con los elementos de la bandeja.

Una vez depositada la bandeja en la zona central, el usuario tra-

baja con los elementos de la actividad de la misma forma que lo haría en el entorno real.

En la siguiente figura (ver figura 9) se muestra una actividad en la que el usuario tiene que coger, una a una, las figuras de la bandeja, e introducirlas por el hueco de su medida. Como puede apreciarse en la imagen, el usuario ve la bandeja e interactúa con ella de forma natural.



**Figure 9:** El usuario trabajando con los elementos de una bandeja en el entorno virtual.

Una vez terminada la tarea, se resalta la zona de trabajo final, para que el usuario deposite la bandeja en esta zona y termine la actividad. Al igual que en el entorno de SAR, una vez depositada la bandeja, se ofrece un cambio de iluminación a modo de refuerzo positivo durante unos segundos, para posteriormente volver a repetir el proceso resaltando una nueva bandeja en la zona origen, mientras queden actividades por realizar.

#### 4. Contenidos educativos en las bandejas de actividades.

Se han desarrollado una serie de actividades que pueden ser clasificadas en estas tres categorías:

- Aprender a aprender.
- Conceptos espaciales.
- Conceptos visuales.

El objetivo del primer bloque de actividades, **Aprender a aprender**, es que el niño con autismo pueda adquirir las habilidades necesarias para ser consciente de la manera de aprender y aplicarlas posteriormente en el resto de actividades así como en otras situaciones de su vida diaria.

Para poder desarrollar las actividades de forma autónoma las personas con autismo necesitan una estructura visual clara y estable que les indique en todo momento aspectos básicos como: ¿Qué trabajo tengo que hacer? ¿Cuánto tengo que hacer?, etc. [MH05]

El objetivo del segundo bloque, **Conceptos espaciales**, es que, una vez el niño haya aprendido y domine la estructura del sistema de trabajo individualizado, se vayan introduciendo los diferentes conceptos uno a uno para que pueda trabajar con ellos e interiorizarlos.

Así, contaremos dentro de las cajas con una variedad de actividades relativas a algunos de los diferentes conceptos y que son: tamaño, altura, anchura y posición.

En el bloque de **Conceptos visuales**, se sigue la misma filosofía

que el bloque de conceptos espaciales, pero en este caso los atributos de los objetos a aprender son colores, formas y texturas.

#### 5. Evaluación

Para evaluar la plataforma desarrollada se han seleccionado cuatro alumnos que acuden diariamente al centro de educación especial Koynos en Valencia. En la tabla 1 se incorporan los datos más importantes en cuanto a edad, diagnóstico, puntuación en Cociente Intelectual y otros factores importantes. En nuestro caso hemos nombrado a cada usuario como estudio O, A, D, E.

En función de las necesidades de cada niño, se ha diseñado un plan de trabajo, de forma que dicho plan se ha ido mejorando, conforme evolucionaban las sesiones para adaptarlas a sus avances.

En todos los casos, los usuarios han realizado tres sesiones en modo real (sin ayuda de tecnología) que usamos como línea base, a continuación seis sesiones con ayuda de la tecnología (realidad virtual en los casos A, E o realidad aumentada en los casos O, D) y por último otras tres sesiones más en modo real de nuevo. Por lo que cada participante realiza un total de doce sesiones.

#### 5.1. Resultados

Después de las sesiones de evaluación con los cuatro usuarios indicados anteriormente, los análisis realizados de los datos obtenidos mediante nuestro sistema indican un importante descenso en los apoyos proporcionados por el educador en las sesiones de SAR en los dos casos que participaron en esta condición experimental. En los dos casos que participaron en la sesión de RV se observó un incremento en el nivel de apoyos en la primera sesión de RV, para después reducirse drásticamente el nivel de apoyos hasta niveles inferiores a los de la línea base en el caso de estudio E, y a niveles aproximadamente iguales a los de la línea base en el caso de estudio A. El porcentaje de intervalos con apoyo es una de las variables de medida más importantes, en el sentido de que una parte importante de las ayudas proporcionadas a la persona ha podido ser ofrecida utilizando medios tecnológicos, contribuyendo así a la autonomía de la misma. Analizando la duración media de las tareas se observa que no se han producido cambios significativos en ninguna de las dos versiones, aunque se observa un incremento de tiempo (esta vez en la duración de cada paso de cada tarea) en la primera sesión de RV, que podría considerarse como sesión de entrenamiento, reduciéndose inmediatamente después estos tiempos a valores muy similares a los de la línea base.

Tampoco se han observado cambios significativos en el porcentaje de aciertos durante los periodos de intervención con respecto a la línea base. Sobre este aspecto, es importante considerar el hecho de que la introducción de un sistema de trabajo individualizado se realiza utilizando tareas que se encuentren dominadas por los alumnos, para que estas no supongan una barrera o dificultad añadida a la introducción de un sistema de trabajo individualizado.

#### 6. Conclusiones

Debido al pequeño tamaño de la muestra y a la corta duración de los periodos de intervención, los resultados deben analizarse con



ID	O	A	D	E
EDAD (años)	11	19	13	16
DIAGNÓSTICO TEA	SI, IDEA	SI, IDEA	NO, COFFINS-SIRIS	SI, CARS
DIAGNÓSTICO DI	SI, MERRIL-PALMER	SI, WISC-R	SI, MERRIL-PALMER	SI, MERRIL PALMER
PUNTUACIÓN DI	30	60	24	40
USAN GAFAS	NO	SI	SI	NO
USAN GAFAS	NO	NO	NO	NO

**Table 1:** Datos de los participantes en la evaluación. DI = Discapacidad intelectual.

cautela. No obstante, la investigación ha permitido identificar algunas cuestiones claves de cara a futuros trabajos.

Puesto que el rendimiento de los participantes en cualquiera de las dos condiciones experimentales de intervención ha sido igual o superior al rendimiento en el periodo de línea base, ambas opciones tecnológicas suponen alternativas viables para implementar un sistema de trabajo individualizado y pueden permitir acceder a una gran cantidad de materiales de intervención con un coste menor que el que supondría crear todas las cajas y materiales en su versión convencional (en el caso de utilizar los apoyos tecnológicos de RV). Además, el menor nivel de apoyo humano necesario utilizando cualquiera de las dos versiones en tres de los cuatro participantes (e igual nivel de apoyo en el cuarto participante) hace que ambas tecnologías se puedan considerar a priori adecuadas para plantear intervenciones orientadas a favorecer la autonomía en la realización de tareas, lo que tiene implicaciones educativas y también laborales.

En segundo lugar, un análisis comparativo de ambas versiones sugiere que el esfuerzo adaptativo necesario por parte de los usuarios es mayor para la condición de RV, si bien se ha comprobado que la adaptación y la velocidad con la que aprendieron a utilizar la herramienta es muy alta, permitiendo reducir los apoyos a cero en muy pocas sesiones. También, el control de la situación de aprendizaje por parte del educador, es más alto en la condición experimental de RV, donde además es tecnológicamente más sencillo implementar diferentes tipos de apoyo, tanto en lo referente al desarrollo como en su replicación posterior para llegar a un mayor número de usuarios. Esto se aplica a algunos de los apoyos aquí implementados (aprendizaje sin error, refuerzos contingentes a las acciones de los usuarios y mejora de la saliencia de los diferentes elementos a los que el usuario ha de prestar atención en cada instante), pero también a futuros apoyos que se podrían implementar como, por ejemplo, el control sobre la carga sensorial en el entorno virtual, que podría ser muy baja al principio y aumentarse paulatinamente para equipararla a la del entorno real y así favorecer la generalización de los aprendizajes.

### Agradecimientos

Este trabajo no habría podido realizarse sin la gran colaboración de los profesionales, alumnos y padres de la Cooperativa Koynos.

La colaboración de Ayelen Solutions, S.A. ha sido fundamental para el desarrollo de este trabajo.

### References

- [AG14] ARESTIBARTOLOME N., GARCIAZAPIRAIN B.: Technologies as support tools for persons with autistic spectrum disorder: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* (2014). doi:10.3390/ijerph110807767. 1
- [Ard18] Arduino home page, 2018. URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>. 5
- [Asi08] Sistem integrat de asistare pentru pacienti cu afectiuni neuromotorii severe, 2008. PNCDI 2. URL: <http://telecom.etc.tuiasi.ro/telecom/staff/rbozomitu/asistsys/>. 4
- [BBSC15] BERNARDES M., BARROS F., SIMOES M., CASTELOBRANCO M.: A serious game with virtual reality for travel training with autism spectrum disorder. 127–128. International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR). doi:10.1109/ICVR.2015.7358609. 7
- [BR05] BIMBER O., RASKAR R.: *Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds*. A. K. Peters, Ltd., Natick, MA, USA, 2005. 5
- [BRW11] BENNET K., REICHOW B., WOLERY M.: Effects of structured teaching on the behavior of young children with disabilities. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities* (2011). Volume: 26 issue: 3, page(s): 143-152. doi:10.1177/1088357611405040. 1
- [CMMN13] CARLOS B., MARIOORYAD S., METALLINO A., NARAYANAN S.: Iterative feature normalization scheme for automatic emotion detection from speech. *IEEE Transactions on Affective Computing* 4 (2013), 386–397. doi:10.1109/T-AFFC.2013.26. 4
- [EF78] EKMAN P., FRIESEN W.: Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement. *Consulting Psychologists Press* (1978). 3
- [Fov18] Fove eye tracking vr devkit home page, 2018. URL: <https://www.leapmotion.com>. 7
- [GGO\*17] GARZOTTO F., GELSOMINI M., OCCHIUTO D., MATARAZZO V., MESSINA N.: Wearable immersive virtual reality for children with disability: a case study. 478–483. Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children. doi:10.1145/3078072.3084312. 7
- [GP09] GUNES H., PICCARDI M.: Automatic temporal segment detection and affect recognition from face and body display. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 39 (Feb. 2009), 219–229. doi:10.1109/TSMCB.2008.927269. 4
- [HO07] HUME K., ODOM S.: Effects of an individual work system on the independent functioning of students with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders* (2007). 37(6):1166-80. 1
- [HP05] HANSEN D., PECE A.: Eye tracking in the wild. *Computer Vision and Image Understanding* 1 (2005), 155181. 4
- [JU10] JAGDISH L. R., UMESH K.: Human facial expression detection from detected in captured image using back propagation neural network. *International Journal of computer science and Information Technology* (Feb. 2010). vol.2, pp. 116-123. 4
- [Kan12] KANIUSAS E.: Biomedical signals and sensors. *Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering* (2012). 5

- [KMW97] KEEL J., MESIBOV G., WOODS A.: Teacch supported employment program. *Journal of Autism and Developmental Disorders* (1997). 1
- [KTH\*12] KORTELAINEEN J., TIINANEN S., HUANG X., LI X., LAUKKA S., PIETIKÄINEN M., SEPPÄNEN T.: Multimodal emotion recognition by combining physiological signals and facial expressions: A preliminary study. 5238–5241. doi:10.1109/EMBC.2012.6347175. 4
- [Lea18] Leap motion home page, 2018. URL: <https://www.leapmotion.com>. 7
- [MH05] MESIBOV G. B., HOWLEY M.: *El acceso al currículo por alumnos con trastornos del espectro del autismo: utilizando el programa TEACCH para favorecer la inclusión*. Asociacion Autismo Avila, 2005. 8
- [Mib18] Mi band home page, 2018. URL: <https://www.xataka.com/wearables/xiaomi-miband-1s-analisis>. 5
- [Pen05] PENZO M.: Introduction to eye tracking: Seeing through your users's eyes, Dec. 2005. Ux Metters. URL: <http://www.uxmatters.com/mt/archives/2005/12/introduction-to-eyetracking-seeing-through-your-users-eyes.php>. 4
- [Tob18] Tobii home page, 2018. URL: <https://www.tobii.com/>. 4
- [ZJIM09] ZISHENG, JUN-ICHI, MASAHID: Facial-component-based bag of words and phog descriptor for facial expression recognition. 1353–1358. Proc. of IEEE Int'l conference on Systems, Man and Cybernetics. doi:10.1109/ICSMC.2009.5346254. 4
- [ZJIM11] ZISHENG, JUN-ICHI, MASAHID: Facial expression recognition using facial movement features. *IEEE Transactions on Affective Computing 2* (2011), 219–229. doi:10.1109/T-AFFC.2011.13. 4
- [ZT12] ZHANG L., TJONDRONEGORO D.: Promoting task accuracy and independence in students with autism across educational setting through the use of individual work systems. *Focus on Autism and Developmental Disorders* (2012). doi:10.1007/s10803-012-1457-4. 1