

08-017

EXPERIENCES IN THE USE OF VIRTUAL REALITY FOR EVACUATION IN CASE OF EMERGENCIES

De Lama Burgos, Carlos De Lama Burgos⁽¹⁾; González Gaya, Cristina⁽²⁾

⁽¹⁾Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales, ⁽²⁾Universidad Nacional de Educación a Distancia

The safety of people in case of emergency in the industrial field, depends on the environment and the activities carried out, the dynamics of the fire and the behavior of the people who are in the building, both workers and visitors.

The evacuation of people during an emergency, it is relatively simple to analyze the time to move from the moment they start the journey until reaching a safe area. On the other hand, it is more complicated to predict the time from when an alarm sounds until people start the journey, because there are innumerable factors that can delay this time several minutes.

In order to know which parameters are most influencing the time between the sound of the alarm and the start of the evacuation, an emergency experience has been developed by virtual reality in which the participants, who have no prior knowledge of such emergency, they have a behavior that is recorded and can be analyzed.

The objective of this article is to present and analyze the experience by generating a risk environment through virtual reality to evaluate the decision making of the participants.

Keywords: *Prevention; emergency; virtual reality; simulation; risk*

EXPERIENCIAS EN LA UTILIZACIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL PARA LA EVACUACIÓN DE PERSONAS EN CASO DE INCENDIO

En el ámbito industrial, la seguridad de las personas en caso de emergencia depende del edificio y actividad que se desarrolla, de la dinámica del incendio y del comportamiento de las personas que estén en el edificio, tanto trabajadores como visitantes.

En la evacuación de las personas durante una emergencia, es relativamente sencillo analizar los tiempos del desplazamiento desde el momento en el que inician el recorrido hasta alcanzar una zona segura. En cambio, es más complicado prever los tiempos desde que suena una alarma hasta que las personas inician el recorrido, debido a que existen innumerable factores que pueden retrasar esos tiempos varios minutos.

Para poder establecer qué parámetros son los que más influyen en el tiempo que discurre entre el sonido de la alarma y el inicio de la evacuación se ha desarrollado una experiencia de emergencia mediante realidad virtual en la que los participantes, que no tienen conocimiento previo de dicha emergencia, toman decisiones que quedan registradas y pueden ser analizadas. El objetivo del presente artículo es presentar y analizar la experiencia al generar un entorno de riesgo mediante realidad virtual para evaluar la toma de decisiones de los participantes.

Palabras clave: *Prevención; emergencia; realidad virtual; simulación; riesgo*

Correspondencia: Carlos de Lama Burgos; carlos.lama@gmail.com

1. Introducción

La obtención de datos sobre el comportamiento humano en caso de incendio es fundamental para poder crear modelos informáticos que simulen distintos escenarios y así diseñar las medidas de emergencia eficaces que aseguren en la medida de lo posible el cumplimiento de los objetivos de una evacuación segura.

La realidad virtual, como medio para el estudio de comportamiento humano, es una tecnología que permite el diseño de entornos en el que el usuario experimenta una inmersión que puede percibir como realista, en un escenario determinado y prediseñado. Dicho escenario, que se compone tanto del entorno en el que se maneja el usuario como de los sucesos que ocurren dentro de la experiencia, es generado mediante tecnología informática y puede recrear una sensación de vivencia real al usuario a través de un dispositivo que suele incluir visión y sonido, aunque también puede en caso necesario percibir sensaciones como el tacto mediante guantes o trajes especiales.

La dudosa fiabilidad de los datos obtenidos mediante observación de simulacros o a través de las encuestas a personas afectadas por un incendio, y la imposibilidad de recrear un escenario con un incendio real para la obtención de datos, hacen de la realidad virtual una metodología ideal para simular de forma hiperrealista un escenario en el que un usuario tiene una sensación inmersiva sin riesgo alguno. El potencial que se llega a obtener mediante realidad virtual hace de esta técnica un método válido para tratamientos psicológicos como el de las fobias donde el paciente vive la experiencia en un entorno controlado y cuyas primeras investigaciones (Rothbaum, Hodges, Kooper, Opdyke, Williford y North, 1995) consistieron en la aplicación de la realidad virtual en el tratamiento de la acrofobia o miedo a las alturas.

Esta tecnología por tanto es ideal para recrear un escenario en el que uno o más usuarios están dentro de un edificio donde se simula un incendio con la finalidad de captar los movimientos y la toma de decisiones por parte del usuario que se aproximan a lo que harían ante un incendio real.

La metodología para la recopilación y registro de los datos además se puede hacer de manera automática y en tiempo real a través del propio dispositivo de realidad virtual que está vinculado a un ordenador.

Esta técnica para la obtención de datos requiere una definición clara de los objetivos que se pretenden y el análisis de la posibilidad de obtenerlos con los recursos técnicos disponibles que por lo general no son ilimitados.

2. Objetivos

Se pretende desarrollar un sistema integral con la tecnología de realidad virtual que sea capaz de recrear un incendio en un edificio lo más realista posible, que pueda captar los movimientos y toma de decisiones de personas que “vivan” dicha experiencia y sea capaz de registrar dichos datos de manera automatizada.

Para llegar a este objetivo, en primer lugar, es necesario analizar qué parámetros son los que se van a registrar del usuario y en segundo lugar cómo conseguir que el usuario

dentro de la experiencia y de manera involuntaria proporcione los datos de los parámetros deseados.

2. Metodología

2.1 Antecedentes

La evacuación de personas de un edificio en caso de incendio está condicionada por tres factores fundamentales como son la propia edificación, la dinámica del incendio y el comportamiento de los usuarios.

De estos tres factores el primero, la configuración y medios de protección pasiva y activa del edificio, pueden regularse mediante códigos constructivos donde se establece qué exigencias debe cumplir dicho edificio en materia de protección contra incendios.

Actualmente los códigos constructivos en los países más avanzados en esta materia, son códigos basados en prestaciones, es decir, se establecen unas exigencias en materia de seguridad y a través de documentos técnicos se expone cómo alcanzar dichas exigencias. En caso de que el proyecto no pueda diseñarse tomando como referencia las reglas y procedimientos establecidos en los documentos técnicos, el proyectista tiene libertad para optar por otras soluciones, pero debe acreditar documentalmente que su proyecto cumple con las exigencias básicas.

En el caso de la actividad industrial, según lo establecido en el artículo 3 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, la normativa de referencia en España es el Real Decreto 2267/2004 por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.

Este Reglamento expone los requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco, así como los requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales en función de la caracterización del establecimiento.

Así mismo existe normativa sectorial que se debe tener en cuenta para la configuración de los establecimientos industriales como son las Disposiciones del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, las instrucciones técnicas del Reglamento de instalaciones petrolíferas, las normativas en Centrales Eléctricas, Subestaciones y centros de transformación, así como las normativas de equipos a presión o depósitos criogénicos.

En caso de que el edificio no sea industrial, la actual normativa que se debe cumplir es el Código técnico de la Edificación incluido en el Real Decreto 314/2006.

Como veremos posteriormente en la metodología y debido a la complejidad del desarrollo informático, se adoptó como caso único situar la experiencia de los participantes en un edificio de uso administrativo y por tanto que cumpliera con el Código Técnico de la Edificación.

El segundo de los factores, la dinámica del incendio, es posible analizarlo siempre que podamos disponer de información como la cantidad de combustible, la superficie expuesta al ataque del fuego, la geometría del espacio que ocupa el incendio, etc.

Actualmente es posible realizar simulaciones dinámicas de la evolución, tanto de las llamas como del humo de un incendio en un edificio mediante herramientas informáticas.

El tercero de los factores que intervienen en la evacuación de las personas en caso de incendio es el comportamiento humano.

Si en el caso de los dos factores anteriores, a pesar de su dificultad, es posible disponer de una información suficientemente precisa antes de que ocurra el incendio para poder diseñar los protocolos de evacuación más adecuados a la actividad prevista, en el caso del comportamiento humano la complejidad es tal que no ha sido posible hasta ahora disponer de datos según expone Gwynne (2010), para crear modelos informáticos.

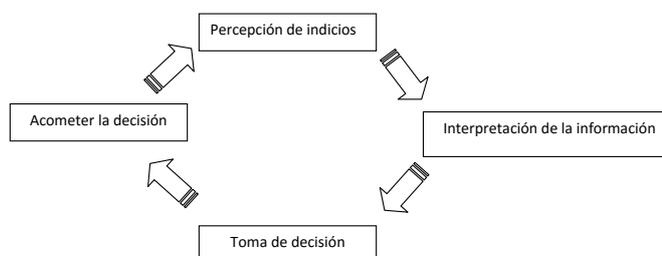
Esta complejidad para analizar el comportamiento humano en un incendio se basa en la gran cantidad de variables que interactúan entre sí, en la alteración del escenario al que se enfrenta el usuario durante el proceso de evacuación y en la dificultad para encontrar una metodología válida y fidedigna para obtener datos.

En primer lugar, tenemos las variables o características tanto del usuario como del incendio, que interactúan entre sí y fueron expuestas por Proulx (2001), que se pueden resumir sin ánimo de ser exhaustivos según listado.

1. Personales:
 - 1.1. Perfil del usuario: Sexo, edad, limitaciones funcionales
 - 1.2. Conocimiento y experiencia: Familiaridad con el edificio, experiencia previa en incendios, entrenamiento en simulacros.
 - 1.3. Condicionantes durante el incendio: Solo o acompañado, activo o pasivo, bajo la influencia de sustancias
 - 1.4. Personalidad: Influenciable, líder, negador de la autoridad, ansiedad
 - 1.5. Rol: Visitante, empleado, propietario
2. Características del edificio
 - 2.1. Uso del edificio: Administrativo, industrial, hospitalario etc.
 - 2.2. Distribución del edificio: Plantas, superficie, complejidad en la orientación etc.
 - 2.3. Actividad: laboral, comercial, deportivo, hostelería
 - 2.4. Instalaciones de protección contra incendios: Tipo de alarmas, sistema de aviso por voz, personal de alarma y evacuación, etc.
3. Características del incendio:
 - 3.1. Pistas visuales: Humo, llamas.
 - 3.2. Pistas olfativas: Olores específicos
 - 3.3. Pistas audibles: Sonido de agrietamiento, sonido de cristales rompiéndose, sonido de objetos cayendo.
 - 3.4. Aumento de la temperatura

En segundo lugar, tenemos la alteración del escenario a través de la manifestación de nuevos indicios según avanza el desarrollo del incendio. Esta aparición de nuevos indicios genera un proceso iterativo que se inicia con la manifestación del propio indicio, la interpretación de dicho indicio por parte del usuario, la decisión que se toma para afrontar el indicio y la actuación del usuario como consecuencia del indicio.

Figura 1: Proceso de toma de decisiones



Fuente: Elaboración propia

Para el modelado de la evacuación se emplean líneas temporales que describen el progreso de la evacuación de las personas en función del tiempo. Esta línea temporal que representa en distintas fases el proceso de evacuación desde el origen del incendio hasta el acceso de todas las personas a un espacio seguro puede dividirse de manera simplificada en fase de detección y alarma, fase de pre- evacuación y fase de evacuación.

Este esquema temporal puede tomarse como referencia para la evacuación del colectivo o conjunto de los usuarios de un edificio, creando un único superusuario (British Standards Institution, 2004), (Gwynne SMV, 2012), (Society of Fire Protection Engineers, 2003) y de esta manera, poder simplificar y así poder abordar de manera más sencilla la visualización del proceso.

De las tres fases, las dos últimas, pre- evacuación y evacuación son las que están determinadas por el comportamiento humano. La fase de evacuación o fase en la que el sujeto ya ha tomado la decisión y acomete el desplazamiento hasta una zona segura es la que más se ha estudiado y prueba de ello son los distintos programas informáticos, que, con gran precisión, pueden simular mediante avatares el movimiento tanto individual como colectivo en cualquier escenario que previamente se haya diseñado.

En el caso de la pre- evacuación, la modelización del comportamiento es mucho más compleja y se centra en la toma de decisiones que van desde la fase en la que el individuo percibe un primer indicio del incendio, como puede ser la señal de alarma de incendios o la visualización de humo dentro del edificio, hasta que se toma la decisión de iniciar la evacuación.

Este tiempo de pre- evacuación puede dilatarse de manera casi indefinida dependiendo del comportamiento individual en lo que anteriormente se citaba como proceso iterativo de toma de decisiones dependiendo de los indicios.

En tercer lugar, aparece la obtención de datos fidedignos en escenarios reales.

Un incendio es un suceso inesperado, relativamente raro e imposible de reproducir en condiciones reales, ya que se pondría en peligro la seguridad personal de los usuarios, lo que convierte al comportamiento de las personas en los incendios en una materia en la que es difícil obtener datos. Pero a su vez, es imprescindible recopilar datos para poder tener una visión teórica de la toma de decisiones y los movimientos de los usuarios del edificio y así poder desarrollar protocolos de actuación en caso de incendio como medidas preventivas.

2.2 Trabajos anteriores

La dificultad para la obtención de datos acerca del comportamiento humano en caso de incendio ha sido una constante. Las técnicas de recogida de datos se han utilizado en ocasiones de manera individual, pero a menudo se han llegado a combinar técnicas, triangulando datos para una mayor fiabilidad en los resultados.

En términos generales, las técnicas utilizadas actualmente para la obtención de datos se pueden clasificar según el siguiente listado.

1. Ensayos experimentales

1.1. Situaciones hipotéticas, que consisten en el análisis por parte de expertos de diferentes supuestos (Leite, 2015)

1.2 Experiencias controladas, que consisten en plantear situaciones puntuales para obtener datos concretos normalmente de tiempos y velocidades en un tramo de recorrido de evacuación. (Levy, Pierce, Porter, da Vitoria, 2012), (Akihide, Sano, 2012).

1.3 Toma de datos en simulacros, mediante observación directa. Estos simulacros pueden ser o no, anunciados previamente. (Sano, Yajima, Kadokura 2012).

1.4 Simulaciones informáticas a través de programas contrastados.

2. Estudio de casos reales

2.1 Análisis de casos concretos, analizando las causas, consecuencias y entrevistas con los afectados.

2.2. Encuestas a distintos tipos de usuarios, tanto afectados como no afectados por un incendio con el fin de obtener datos y opiniones.

3. Observación y registro de experiencias. En este caso se utilizan distintas técnicas dependiendo de la experiencia, registrándose los movimientos de los usuarios.

3.1. Cámaras de fotografía y vídeo

3.2 Observación directa del investigador

3.3 Dispositivos electrónicos que portan los usuarios.

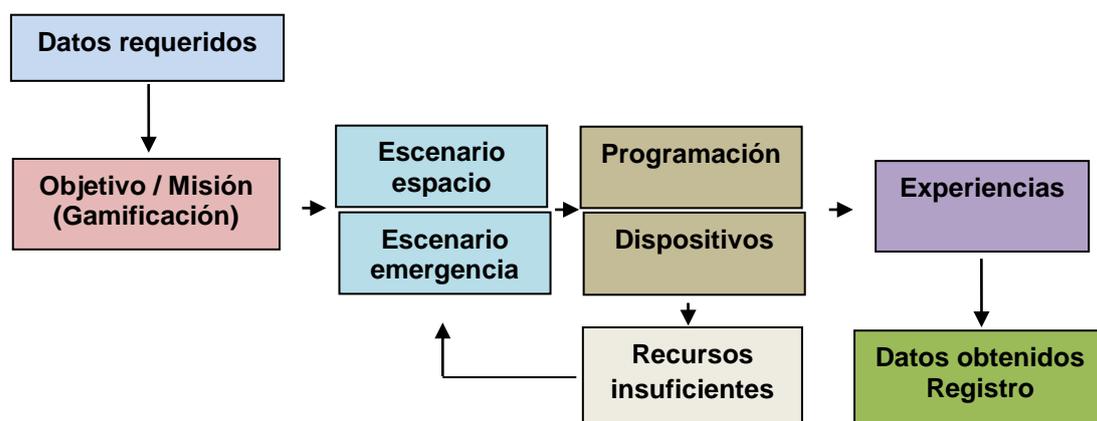
3.4. Metodología no percibida por el usuario como cámara infrarroja o láser.

2.3 Observación del comportamiento mediante tecnología de realidad virtual

Con el fin de obtener datos del comportamiento humano en caso de incendio mediante la tecnología de realidad virtual, se procedió a analizar el modelo que se iba utilizar para una mayor eficacia. En primer lugar, se analizaron qué variables se iban a estudiar, de tal manera que se tomaran registros de cada uno de los usuarios.

Los datos obtenidos debían ser de dos tipos, por un lado, características del usuario tales como sexo, edad, estudios etc. recopilados mediante encuestas, y por otro lado, datos referidos al comportamiento, tales como velocidad, posicionamiento y tiempos del usuario, que son recopilados de manera automática a través de los dispositivos.

Figura 2: Método de desarrollo de observación (RV)



Fuente: Elaboración propia

El procedimiento para que el usuario tome decisiones y así poder registrarlas,

es que “viva” una experiencia de un edificio. A esta experiencia de usuario se le denomina “misión” y se estableció que debía cumplir unas características determinadas según listado.

- Lúdica: Para que el usuario completara su misión se optó por técnicas de gamificación, proponiendo al usuario un objetivo concreto de debía cumplir.
- Sin información: El usuario no debía estar advertido previamente sobre el incendio durante la misión.
- Aprendizaje: El usuario debía tener un tiempo inicial de adaptación dentro del espacio virtual antes del inicio de la misión.
- Tiempo máximo: Se consideró un tiempo total de experiencia de 5 minutos aproximadamente para facilitar la experiencia al mayor número posible de usuarios.

- Uso del edificio: Debido a la complejidad del desarrollo informático se estableció que, con un solo caso, se pudieran recopilar los datos que son necesarios para el comportamiento en las fases que se han denominado pre-evacuación y evacuación. En primer lugar, se llegó a la conclusión de que, en esta primera fase de la investigación, la tipología del edificio no influía de manera significativa en la toma de decisiones del individuo, siempre que se cumpla la proposición de que el participante no tenga familiaridad con el edificio.

Debido a que los participantes en esta primera experiencia iban a incluir menores entre los 12 y 18 años, se estableció como caso un edificio administrativo que podía resultar más realista a ojos de los menores que un edificio con actividad industrial.

Dado que durante la experiencia no se iban a disponer medidas de protección activa como bocas de incendio o rociadores y las protecciones pasivas tampoco iban a ser determinantes puesto que la experiencia iba a tener una limitación temporal de pocos minutos, se planteó que el edificio de uso administrativo era adecuado, en cualquier caso. Tampoco se consideró que la longitud del recorrido de evacuación fuera un indicador esencial, pero sí que dicho recorrido incluyera escaleras de tal manera que sirviera en un futuro para analizar la evacuación de las personas con discapacidad motórica o bien personas con movilidad reducida. Por ello y aunque el edificio industrial y el edificio administrativo se regulan por distintas normas, dichas normas no tienen una influencia decisiva en el comportamiento durante la evacuación a no ser que la actividad sea muy específica con un riesgo mayor de lo habitual y que el usuario fuera consciente de ese riesgo, por ejemplo, una instalación biológica, nuclear, petroquímica, etc.

Figura 3: Detalle del edificio



Fuente: Elaboración propia

- Realista: El usuario debía guiarse en su recorrido de acceso y de evacuación a través de la señalización del propio edificio, tal como ocurriría en un caso real.

Figura 4: Detalle de la señalización



Fuente: Elaboración propia

Además, el usuario no podía tener la posibilidad de utilizar el mismo recorrido para acceder que para evacuar, consiguiéndose este punto obligando al usuario a utilizar un ascensor en el acceso a plantas superiores y unas escaleras para de las mismas.

2.4. La fase misión dentro de la realidad virtual

Denominamos la misión a la fase de la experiencia en la que el usuario ya tiene colocado el dispositivo y tanto la visión como el oído están inmersos en la realidad virtual.

El usuario está sentado con los pies apoyados sobre una base conectada al ordenador. Esta base identifica mediante el movimiento que realiza el usuario con los pies cómo quiere desplazarse virtualmente (caminar, correr o girar).

Esta fase se inicia en la recepción del edificio donde un avatar le explica mediante voz y texto los movimientos básicos y la tarea asignada dentro del edificio, consistente en localizar un determinado paquete en un despacho situado en la primera planta del edificio.

Para acceder a la primera planta el participante es instado a utilizar el ascensor, por lo que se asegura que el recorrido de acceso y el de evacuación son distintos.

Una vez el usuario ha llegado a la primera planta tiene que localizar mediante la señalización propia del edificio, tal como se realizaría en un caso real el despacho donde está el paquete.

Este recorrido desde la recepción hasta el despacho tiene dos objetivos. En primer lugar, que el usuario aprenda los movimientos dentro del escenario virtual y por otro que asuma como real el escenario virtual.

Una vez que el participante accede al despacho indicado salta una señal de alarma de incendios debido a un incendio.

El usuario en ese momento decide si continuar la tarea asignada por el avatar de inicio o evacuar. En caso de evacuar, el participante es obligado a pasar a través de una capa de humo estratificado por lo que la visión mejora si el individuo se agacha.

En el mismo punto un segundo avatar informa al participante de manera aleatoria de, o bien que evacúe de manera inmediata bien que es una falsa alarma.

El participante para poder acceder a una zona segura debe bajar por unas escaleras protegidas finalizando así la fase de misión en la experiencia.

Tal como se citaba anteriormente el usuario no dispone de información previa, por lo que no sabe habrá una emergencia durante la experiencia.

Figura 5: Detalle de la visualización con humo



Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Detalle de avatar



Fuente: Elaboración propia

Los tiempos que se registran de manera automática por parte de los dispositivos durante el tiempo que se emplea desde la señal de alarma se definen de la siguiente manera:

1. Tiempo de reconocimiento, que se inicia con el sonido de la alarma hasta que el usuario reconoce dicho sonido.
2. Tiempo de respuesta, que se inicia desde el instante de reconocimiento hasta que el usuario toma la decisión de iniciar la evacuación.
3. Tiempo travel, que se inicia cuando el usuario comienza a trasladarse para alcanzar una zona segura y finaliza cuando alcanza dicha zona segura.
4. Tiempo de evacuación, que es la suma de los denominados tiempo de respuesta y tiempo travel.
5. Tiempo límite, que es un tiempo que se consideró máximo para alcanzar una zona segura y que se inicia con el sonido de la alarma. Este tiempo se determinó que fuera de 120 segundos.
6. Tiempo de margen, que es la diferencia entre el tiempo límite y el tiempo de evacuación. Si el tiempo de margen es negativo, el usuario no habrá alcanzado la zona segura.

Los datos de cada usuario se tomaban en tres fases. Una primera “encuesta inicial”, con la finalidad de obtener las características del usuario, una segunda durante la misión en la que se recogían los datos de comportamiento de manera automática a través de los dispositivos, y una tercera fase con “encuesta final” para contrastar información de la encuesta inicial y conocer si había tenido experiencia previa en incendios.

Los datos obtenidos tras cada una de las experiencias son los siguientes

1. Encuesta inicial
 - 1.1. Edad
 - 1.2. Sexo
 - 1.3. Nivel de estudios
 - 1.4. Condición física. Discapacidad o movilidad reducida
 - 1.5. Ansiedad rasgo (5 preguntas)
2. Misión
 - 2.1. Posicionamiento x, y, z.
 - 2.2. Localización de la señalización
 - 2.3. Intento de uso de ascensor para evacuar
 - 2.4. Intento de evacuación por escalera inundada de humo
 - 2.5. Frecuencia cardíaca
 - 2.6. Cierre de puerta de despacho
 - 2.7. Acceso a zona seguro.
 - 2.8. Tiempo de reconocimiento
 - 2.9. Tiempo de respuesta
 - 2.10. Tiempo travel
 - 2.11. Tiempo de evacuación
 - 2.12. Tiempo de margen
3. Encuesta final
 - 3.1. Ansiedad estado (5 preguntas)
 - 3.2. Experiencia previa en incendios
 - 3.3. Opinión sobre metodología para formación.

Conclusiones

Las experiencias llevadas a cabo se hicieron durante los meses de septiembre de 2017 a enero de 2018. Aproximadamente 300 usuarios probaron la experiencia virtual.

Los participantes no tenían información previa de la experiencia, por tanto, desconocían el tipo de escenario o tarea asignada. Esta falta de información en ningún caso fue una limitación, no habiendo ningún caso en que el usuario se negara a participar.

Hubo algunos casos puntuales en los que, debido a la tecnología, el usuario experimentaba sensación de mareo comparable a la cinetosis o mal de movimiento. La cinetosis es una perturbación debido a una descoordinación entre lo que se percibe visualmente y la interpretación de ese movimiento percibida a través del sistema vestibular que procesa la información sensorial a través del oído interno relacionada con el equilibrio.

En estos casos puntuales se tomaba la decisión de interrumpir de manera inmediata la experiencia y la recuperación por parte del usuario era casi inmediata una vez se le retiraba el dispositivo RV.

Tanto los participantes que tuvieron esta sensación de mareo como los que pudieron completar la misión, consideraron que la experiencia era muy realista y su vertiente lúdica la hacía muy atractiva.

Dentro del conjunto de los usuarios que completaron la experiencia, se puede destacar como resumen que estos participantes consideraron todos ellos que las decisiones tomadas dentro de la realidad virtual previsiblemente se corresponderían con las que se hubieran tomado en un caso real debido a que la experiencia vivida era hiperrealista.

Así, un elevado número de participantes consideraron que, a pesar del aviso de alarma debían completar la misión encomendada, pero en entrevista posterior confirmaron que probablemente esa hubiera sido su decisión en un caso real.

Otro caso interesante es la confusión que se genera al escuchar una alarma al acceder a zonas desconocidas de un edificio que no es familiar ya que un gran número de los participantes comentaron que identificaban la señal de alarma como una señal de intrusión.

En la fase de evacuación, se ha detectado que los participantes no fijan su atención en la señalización y se fían más de su memoria a la hora de evacuar por el mismo recorrido por el que accedieron y una vez que el usuario ha tomado la decisión de evacuar las indicaciones del avatar no son decisivas.

Dado que el método de captación de datos ha sido satisfactorio, es necesario valorar nuevos supuestos y mejoras como pueden ser los de la lista siguiente.

- Distintos usos y actividades en el edificio
- Distintos supuestos y objetivos
- Introducir mayor número de avatares
- Introducir más de un usuario en la misma experiencia
- Análisis de usuarios con discapacidad
- Mejorar la dinámica visual y velocidades para evitar mareos

El análisis posterior de los datos recogidos a través de más experiencias debe facilitar el modelado del comportamiento humano que posteriormente se puede utilizar en los programas informáticos que simulan la evacuación de personas.

Referencias

- Akihide J. (2012). Analysis of Crowd Flow Through Doors Merged to a Crowded Corridor. Proceedings of the 5th International Symposium, Human behavior in fire, 2015, pp 121-130. London, UK. Interscience Communications Ltd.
- British Standards Institution (2004), The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Human factors. Life safety strategies. Occupant Evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6). British Standards Institution, London, UK.
- Gwynne SMV (2010). Conventions in the collection and use of human performance data. NIST GCR 10-928. National Institute of Standards and Technology
- Gwynne SMV (2012) Translating behavioral theory of human response into modeling Practice. NISTGCR – 12–972, National Institute of Standards and Technology.
- Hulse L, Galea E. (2012) The UK BESECU firefighter study: A study of UK firefighters' emotional, cognitive and behavioural reactions to emergencies. 5th International Symposium. Human Behaviour in Fire 2012. Symposium Proceedings. London, UK. Interscience Communications Ltd.
- Leite, J. I. (2015). Método de cálculo para la asignación de ocupantes a los elementos de evacuación de un edificio bajo la hipótesis de bloqueo. (Tesis, Universidad Politécnica de Madrid, 2015)

- Levy C. (2012). Investigation of Occupant Behaviours and Movement on Stairs. Proceedings of the 5th International Symposium, Human behavior in fire, 2015, pp 109-120. London, UK. Interscience Communications Ltd.
- Proulx (2001). Occupant behavior and evacuation. Proceedings of the 9th International Fire Protection Symposium, Munich, May 25-26, 2001, pp. 219-232. Munich. Alemania.
- Rothbaum B (1995). Virtual-Reality Graded Exposure in the Treatment of Acrophobia. A Case Report, Behavior Therapy.
- Sano T. (2012). Characteristics of evacuation behavior base on observation of a total evacuation drill in a high-rise building. Proceedings of the 5th International Symposium, Human behavior in fire, 2012, pp 97-108. London, UK. Interscience Communications Ltd.
- SFPE (2003) Engineering Guide on Human Behavior in Fire, Society of Fire Protection Engineers, Bethesda, MD.

Agradecimientos

Fundación Mapfre