

RTE: HERRAMIENTA PREDICTIVA PARA LA GESTIÓN DE LA EVACUACIÓN DE EVENTOS MULTITUDINARIOS

Cuesta Jiménez, Arturo ^{1,*}, Alonso Velasco, Jesús Alberto ², Abreu Menéndez, Orlando ¹ y Alvear Portilla, Daniel ¹.

¹ Grupo GIDAI. Universidad de Cantabria. Avda. Los Castros s/n. CP 39005, Santander. Correos electrónicos: cuestaar@unican.es (ACJ), orlando.abreu@unican.es (OAM), daniel.alvear@unican.es (DAP)

² Ertzaintza. Larrauri-Mendotxe Bidea, 18, 48950 Erandio, Bizkaia. Correo electrónico: 06090@ertzaintza.eus (JAAV).

* Autor Principal y responsable del trabajo; Correo electrónico cuestaar@unican.es (ACJ).

Una de las principales estrategias de seguridad y protección ciudadana en caso de emergencia es la evacuación. Conocer los resultados de este proceso en eventos masivos puede resultar vital para los responsables de seguridad. Las ventajas de esta información desde el punto de vista táctico y operativo teniendo en cuenta las condiciones presentes y/o cambiantes de la emergencia son evidentes. El reto consistió en desarrollar y validar un software de simulación de fácil manejo, capaz de representar el nivel de sofisticación en los cálculos requeridos y de aportar resultados fiables en unos pocos segundos para la toma de decisiones. El RTE (Real Time Evacuation) permite simular el proceso de evacuación de las personas en eventos multitudinarios (eventos deportivos, culturales, etc.) frente a diferentes emergencias (incendios, ataques terroristas, disturbios, etc.) aportando resultados a tiempo real. El software permite simular el impacto de estrategias mediante el bloqueo de rutas de evacuación (i.e. zonas de riesgo, perímetros de seguridad, ubicación de la amenaza, etc.) y/o asignando diferentes cantidades de personas por salida aportando los resultados durante el transcurso de la propia emergencia. Las capacidades de esta tecnología para la ayuda a la toma de decisiones fueron testadas y validadas a través de demostraciones prácticas durante los premios de la MTV en Bilbao octubre-noviembre de 2018. La herramienta ha sido validada frente a modelos de simulación computacional comerciales (más complejos y que no aportan resultados a tiempo-real) y datos empíricos obtenidos de experimentos de evacuación en las instalaciones de la University of Applied Sciences for Public Service en Baviera, Alemania en febrero de 2019.

Palabras clave: Seguridad, Planificación y Gestión, Evacuación, Eventos masivos.

1. Introducción

Los eventos multitudinarios (conciertos, partidos de fútbol, etc.) presentan importantes retos para la seguridad ciudadana. Estos eventos son normalmente elegidos por los terroristas debido a su naturaleza abierta, su carácter simbólico y la presencia de un gran número de personas. El 56 % de los ataques terroristas llevados a cabo en el mundo han sido perpetrados contra objetivos denominados soft-targets que presentan estas características¹. La frecuencia de este tipo de ataques tiende a incrementarse, especialmente en las naciones occidentales. En Europa, los recientes ataques han demostrado la preferencia de los terroristas en este tipo de objetivos [1].

Uno de los requerimientos de seguridad es garantizar la correcta evacuación en caso de emergencia. Existen dos aproximaciones al problema 1) análisis estático y 2) análisis dinámico. El análisis estático es la práctica habitual reflejada en los planes de autoprotección que incluyen las medidas previstas que permitan la evacuación y se basa en comprobar el cumplimiento de parámetros normativos. El análisis dinámico no debe verse como una sustitución del primero, pero sí como una solución de más alto nivel mediante el modelado y simulación computacional.

Actualmente existen numerosos modelos de simulación que afrontan el problema desde diferentes perspectivas y soluciones metodológicas [2] resultando difícil realizar una clasificación general de este tipo de herramientas. No obstante, una clasificación sencilla de estas herramientas divide estos modelos en aquellos que sólo consideran el movimiento y aquellos que reproducen las interacciones movimiento-conducta. Los primeros no tienen en cuenta los atributos psicológicos de las personas mientras que los segundos son más realistas y tienen en cuenta la conducta de los individuos (tiempos de reacción, preferencia por salidas, etc.). Sus ventajas incluyen la posibilidad de analizar numerosos escenarios, comprobar el potencial impacto de estrategias adoptadas, detectar riesgos derivados del propio proceso de evacuación (e.g. congestiones) así como incluir el comportamiento humano (e.g. tiempos de reacción, familiaridad, conductas grupales, etc.). Todo esto permite prognosis más fiables sobre las condiciones de protección y seguridad de los ciudadanos.

Sin embargo, la totalidad de los modelos disponibles tienen interfaces gráficas potentes o se fundamentan en ecuaciones de gobierno que incrementan su coste computacional lo que impide su capacidad para ser empleados como herramientas de apoyo para la toma de decisiones durante las primeras manifestaciones o incluso el propio transcurso de la emergencia. El reto consiste en el desarrollo de modelos de evacuación aplicables a un amplio rango de escenarios que sean sofisticados, pero rápidos y de fácil manejo para ayudar a los decisores en la gestión de la seguridad. El RTE Tool (Real-Time Evacuation) es un nuevo software desarrollado con esa filosofía. Los fundamentos de esta aproximación han quedado plasmados en diferentes artículos científicos [3-8] y en el libro “Evacuation modeling Trends” [9, 10].

2. RTE Tool

2.1. Descripción del modelo

El RTE tool permite simular el proceso de evacuación de las personas en eventos multitudinarios (eventos deportivos, culturales, etc.) frente a diferentes condiciones de emergencia (incendios, ataques

¹ Datos procesados del Global Terrorism database de la Universidad de Maryland. National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism (START). <http://www.start.umd.edu/gtd>.

terroristas, disturbios, etc.) aportando resultados a tiempo real para la toma de decisiones. El programa puede utilizarse para escenarios indoor y outdoor. La geometría es sencilla de configurar simplemente asignando el número de salidas, su ancho y la distancia desde la multitud hasta cada una de ellas. El usuario también asigna el número estimado de personas en el evento. Una vez introducidos los datos el programa ejecutará 250 simulaciones variando las características de los individuos (tiempos de respuesta y velocidades) y las capacidades de cada una de las salidas en cada simulación aportando un pronóstico sobre los tiempos requeridos de evacuación y el número de ocupantes por salida.



Fig. 1. Ventana principal para datos de entrada.

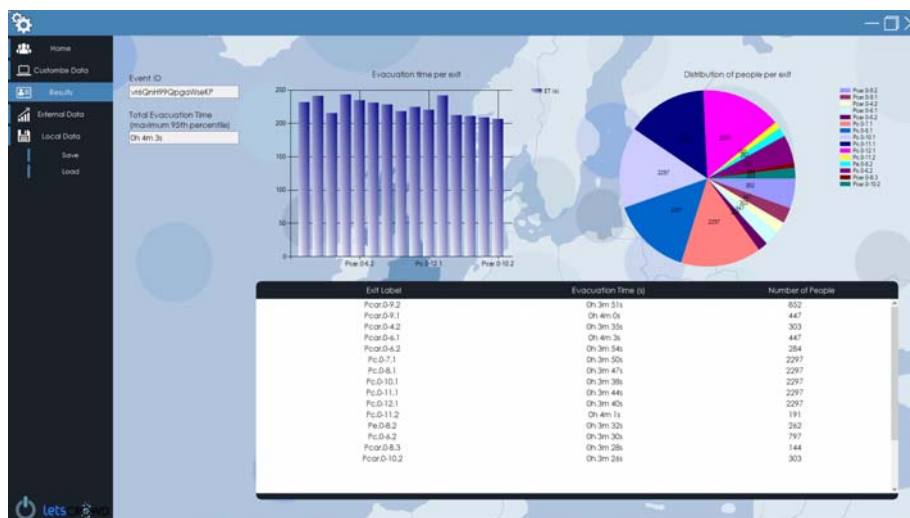


Fig. 2. Ventana de datos de salida.

Con esta herramienta se puede explorar el impacto de emergencias o estrategias mediante el bloqueo de rutas de evacuación (i.e. zonas de riesgo, perímetros de seguridad, ubicación de la amenaza, etc.) y/o asignando diferentes cantidades de personas por salida aportando los resultados del nuevo escenario en unos pocos segundos. Cada evento/escenario puede guardarse en un fichero “.dat” y volver a cargarse. El empleo de un escenario ya pre-configurado permite reducir el tiempo de introducción de los datos y el usuario tan sólo debe modificar las condiciones presentes y ejecutar la simulación nuevamente.

2. 2. Validación

El RTE Tool ha sido validado con otros modelos de simulación computacional comerciales basados en agentes. Para ello se usó un recinto cuadrangular de 100x100 m con 4 salidas en el centro de cada lado de 4 m de ancho. Se analizaron un total de 16 variantes combinando número de salidas disponibles, los tiempos de respuesta de los ocupantes, el número de ocupantes y el flujo de personas por salida (en per/s m). Una vez realizadas las simulaciones se calcularon los errores relativos de los tiempos de evacuación producidos entre el RTE tool y el resto de modelos. Tal y como se muestra en la Figura los resultados de la comparativa indicaron que el RTE tool es capaz de aportar pronósticos muy cercanos a los producidos por los modelos comerciales (errores relativos <0.1). La principal diferencia reside en el tiempo de simulación. Los modelos comerciales requieren un tiempo de configuración del escenario (importar planos CAD, definir salidas mediante coordenadas, incluir ocupantes, asignar diferentes parámetros de entrada), tiempo de cómputo y tiempo de procesamiento y análisis de resultados. Por el contrario, el tiempo de configuración-simulación-procesamiento de resultados del RTE tool es de unos pocos segundos.

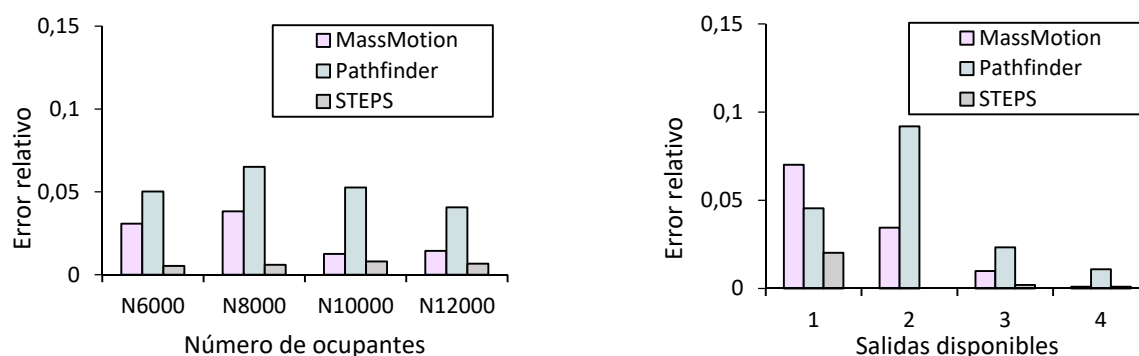


Fig. 3. Errores relativos sobre los tiempos de evacuación entre el RTE tool y otros modelos.

El proceso de validación implicó, como siguiente paso, la prueba del modelo en condiciones reales. La herramienta fue aplicada en colaboración con la Ertzaintza durante la fase de planificación y celebración de 5 conciertos durante los premios de la MTV en Bilbao octubre-noviembre de 2018. Estas demostraciones prácticas se enmarcaron dentro del proyecto europeo de H2020 LETSCROWD (Grant agreement: N° 740466). Durante la fase de planificación se empleó la información de los planes de autoprotección de cada uno de los eventos definiéndose escenarios hipotéticos de ataques terroristas y su impacto en el sistema de evacuación (salidas bloqueadas) y en las posibles soluciones de gestión de la evacuación. El RTE tool aportó predicciones sobre los tiempos requeridos de evacuación en cada uno de los escenarios, así como el número de ocupantes por salida (ver ejemplo de la Figura 4).

Como parte de la demostración práctica, los investigadores de la Universidad de Cantabria acudieron a los eventos invitados por la Ertzaintza donde pudieron comprobar in situ las medidas adoptadas para la evacuación (posibles modificaciones respecto los Planes de Autoprotección). En las salas de crisis los investigadores de la Universidad de Cantabria realizaron las simulaciones pertinentes con las condiciones existentes durante cada evento simulando los escenarios de emergencia de nuevo. Los resultados, obtenidos en unos pocos segundos, fueron diferentes ya que las condiciones iniciales del evento habían cambiado respecto a lo planificado (e.g. número de asistentes, disponibilidad y ancho de salidas). Se argumenta por tanto que una prognosis acertada sobre los tiempos de evacuación utilizando el RTE tool permite una toma de decisiones más ajustada a las condiciones existentes.

Evacuation results of RTE tool: pre-event

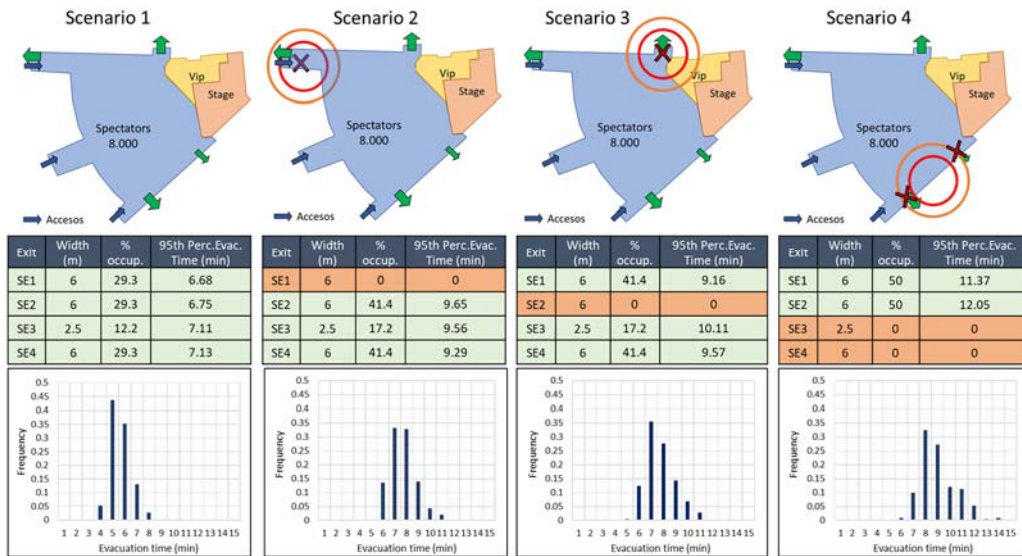
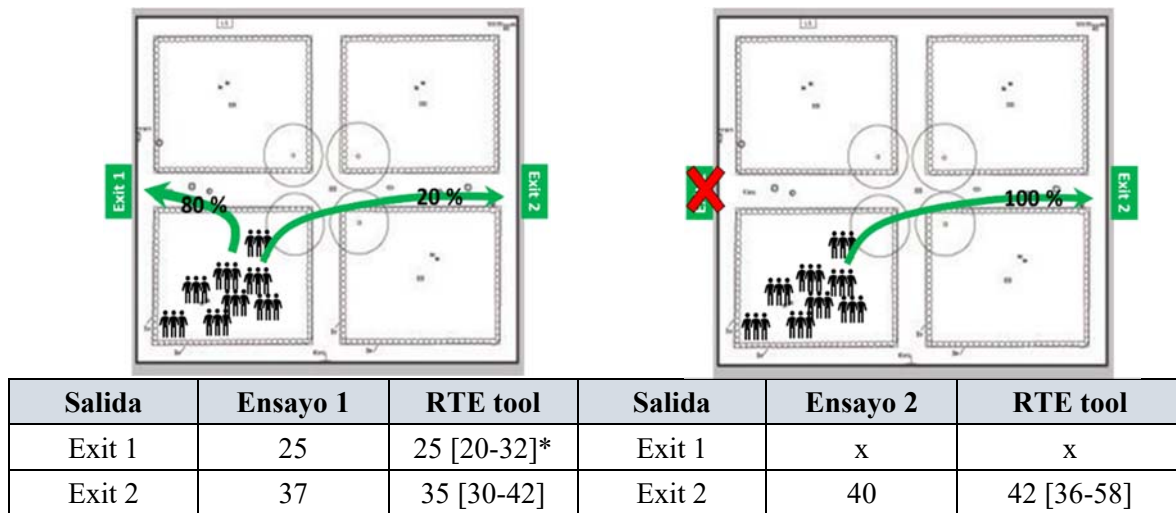


Fig. 4. Resultados del RTE tool durante la fase de planificación.

Finalmente, los pronósticos del RTE tool fueron validados con una serie de experimentos de evacuación realizados en de la academia de policía University of Applied Sciences for Public Service en Baviera, Alemania. Las pruebas implicaron 54 participantes (22 % mujeres y 78 % hombres) que firmaron un informe de consentimiento expreso. Los participantes accedieron un patio y estuvieron tomando un aperitivo. A los 15 min sonó una sirena y los participantes evacuaron por las dos salidas disponibles. Posteriormente los participantes accedieron de nuevo al patio y a los 10 min sonó la alarma de nuevo. Esta vez sólo se encontraba disponible una salida. Los esquemas y resultados de cada uno de los ensayos se muestran en la Figura 5.



* media [mínimo-máximo]

Fig. 4. Tiempos de evacuación observados y simulados por el RTE tool (en s).

3. Conclusiones

El RTE tool trata el problema de la evacuación en eventos multitudinarios. El software fue diseñado para: 1) realizar múltiples simulaciones en tiempo real, 2) considerar la aleatoriedad de la conducta humana, 3) pronosticar el resultado de las condiciones cambiantes/presentes en la emergencia tanto en escenarios *indoor* como *outdoor*.

Los ataques terroristas y emergencias se caracterizan por ser procesos dinámicos que presentan condiciones cambiantes o imprevistas. Surgió la necesidad de desarrollar un modelo flexible y con alto grado de sofisticación como soporte para la toma de decisiones teniendo en cuenta las condiciones reales de la propia emergencia.

El RTE tool fue diseñado para los Cuerpos de Seguridad, sobre todo unidades responsables de la protección ciudadana en eventos masivos y también cualquier responsable de la seguridad en general para este tipo de eventos.

Uno de los aspectos principales ha sido la validación de esta herramienta predictiva frente a otros modelos comerciales más sofisticados, eventos multitudinarios reales y datos empíricos procedentes de experimentos de evacuación.

El software está disponible como aplicación web y de escritorio y ha sido integrado en una plataforma integradora para la gestión de seguridad en eventos masivos.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a la Comisión Europea por la financiación del Proyecto *LETSCROWD Law Enforcement agencies human factor methods and Toolkit for the Security and protection of CROWDs in mass gatherings* bajo el contrato GA740466.

Referencias

1. EUROPOL. European Union Terrorism Situation and Trend Report 2018.
2. Kuligowski, E., Peacock, R. D. and Bryan, L. H. A review of Building Evacuation Models, Technical Note 1680. NIST national Institute of Standards and technology. U.S. Department of Commerce. **2010**.
3. Capote, J.A., Alvear, D.M. Abreu, O.V. Cuesta, A. Alonso, V. A stochastic approach for simulation human behavior during evacuation process in passenger trains, *Fire Technol.* 48, 911–925. **2012**.
4. Alvear, D., Abreu, O., Cuesta, A., Alonso, V. Decision Support System for Emergency Management: Road Tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 34, 13-21, **2013**.
5. Capote, J. A. et al. A real-time stochastic evacuation model for road tunnels, *Safety Science*, 52, pp. 73-80, **2013**.
6. Cuesta, A., Alvear, D. Abreu, O. and Silió, D. Real-time stochastic evacuation models for decision support in actual emergencies, *Fire Safety Science*, **2014**.
7. Cuesta, A. Abreu, O., Alvear, D. Real-time evacuation route selection methodology for complex buildings. *Fire Safety Journal*, 91, 947-954, **2017**.
8. Cuesta, A., Alvear, D., Abreu, O., Alonso, V. A Method to Assess the Accuracy of Pseudo-Random Number Sampling Methods from Evacuation Datasets, *Fire Techn.* 54, 649-668, **2018**.
9. Cuesta, A., Abreu, O. and Alvear, D. Evacuation Modeling Trends, Springer, September 2015, ISBN 978-3-319-20707-0. **2016**.
10. Cuesta, A., Abreu, O. and Alvear, D. (2016)., Future challenges in evacuation modelling, Evacuation modelling trends, Arturo Cuesta, Orlando Abreu and Daniel Alvear, Springer, UK, 103–131, **2016**.