

# La simulación de peatones en la planificación del transporte



El transporte público y privado no pueden concebirse sin las personas que los utilizan: peatones y pasajeros. Sin embargo, la planificación del transporte ha obviado durante mucho tiempo la integración del desplazamiento de personas en el análisis de situaciones de transporte. Gracias a los nuevos métodos de simulación y a modelos mejorados, hoy en día se ha alcanzado un estado tecnológico que permite la aplicación satisfactoria de la simulación de personas a cada planificación de transporte. Este artículo presenta los fundamentos de la simulación de peatones y muestra distintas posibilidades de aplicación con el software de simulación de personas SimWalk.

Por Alex Schmid - Director general Savannah Simulations AG - 8704 Herrliberg - Suiza - Tel. +41 - 44 790 17 14  
a.schmid@savannah-simulations.ch www.simwalk.com

¿Para qué simular el desplazamiento de las personas? La respuesta parece obvia, ya que sin personas tampoco existiría tráfico. No obstante, durante mucho tiempo el desplazamiento de peatones y pasajeros no ha tenido la atención merecida en la planificación del transporte. Esto viene motivado en parte por causas técnicas y también por la planificación del transporte: por un lado, la tecnología de simulación tardó mucho en poder representar de forma realista el movimiento de las personas; por otro, la valoración del movimiento de personas en la planificación del transporte ha cambiado significativamente en los últimos años: Las zonas peatonales en los centros urbanos o las zonas verdes son sólo dos conceptos clave que ilustran la importancia creciente de los peatones.

Sin embargo, el análisis de los desplazamientos de personas no resulta nuevo, especialmente en el ámbito de la planificación de edificios y la protección contra incendios e incluso en el transporte, y tradicionalmente ha sido enfocado mediante valores empíricos de carácter analítico como capacidades de paso o simulaciones de flujo. Con

estos métodos simplificados difícilmente puede obtenerse un retrato realista de los desplazamientos humanos.

## Tránsito de peatones en Nueva York.

Hoy en día ya se dispone de la tecnología de microsimulación, esto es, la representación de cada individuo mediante tecnologías de software orientadas a objetos, como las que se aplican en el modelado de vehículos de carretera. Ésta tecnología permite una simulación realista de los complejos desplazamientos de peatones y pasajeros. Gracias a ella pueden simularse por primera vez de manera realista características particulares de la persona, tales como el destino, la edad o las velocidades de desplazamiento individuales. La llamada tecnología de agentes permite la simulación de distintos desplazamientos de personas, por ejemplo en estaciones de ferrocarril, metro y autobuses en el transporte público (*ilustraciones 1, 2*), en el tráfico rodado, pero también la simulación de evacuaciones en edificios.

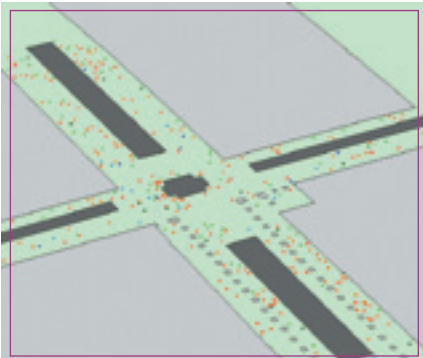


En esencia, las simulaciones de peatones deben calcular, en relación con el desplazamiento real, dos factores importantes del desplazamiento de las personas: los referidos a objetos (muros y otros obstáculos) así como los relacionados con otros peatones. El peatón debe poder salvar en cada situación ambos obstáculos y buscar el camino que le lleve hasta su destino. En la mayoría de ocasiones, aquí se aplica el llamado "shortest path algorithm", lo que significa que la persona busca en lo posible el camino más corto a su destino, lo cual también se cumple normalmente en la realidad. Partiendo de ésta situación, existe una gran variedad de modelos que han de demostrar su calidad, tanto en su aplicación real como en las validaciones correspondientes. Mientras que SimWalk emplea por ejemplo un modelo continuo en el que los peatones se desplazan en el modelo de manera continua por medio de altos potenciales profundos respectivos en el espacio, existen otros modelos que se basan en dispositivos celulares automáticos, de manera que el espacio queda dividido en celdas y los peatones virtuales se mueven de forma "caprichosa" de una celda a otra.



((ilustración 1))

Simulación de la interacción del tranvía de Niza (Francia) con los peatones.



((ilustración 2))

Simulación del escenario Niza con SimWalk.

## La utilidad de la simulación de personas

¿Qué utilidad tiene la simulación de peatones para el planificador de transporte? ¿Cuántas posibilidades de análisis diferentes tiene a su alcance? En general, gracias a la simulación de peatones podrá reproducir el comportamiento de personas en distintos entornos de forma realista y plantearse las preguntas correspondientes del tipo "¿Qué pasaría si...?".

¿Cuáles serían los efectos sobre el flujo de peatones si se modifica la señalización en una intersección? ¿Existen las suficientes escaleras y escaleras mecánicas en la estación de ferrocarril para evitar sin problemas la aglomeración de pasajeros en el andén? **¿La interacción de los peatones con el entorno (intersecciones, estaciones de ferrocarril o edificios) así como con el resto de peatones puede provocar en determinadas circunstancias una excesiva y peligrosa densidad de personas?** ¿Son suficientes las frecuencias de los horarios y los tiempos de trasbordo planificados para hacer frente sin dificultades al volumen creciente de pasajeros que puede producirse en un futuro?

## Análisis en la simulación de personas

Todas estas cuestiones importantes de la planificación del transporte se entienden mejor y se pueden mejorar con la simulación de personas y los análisis correspondientes. La densidad de personas antes mencionada (el número de personas por metro cuadrado) es una de las principales posibilidades del análisis de la simulación de personas, ya que ofrece información sobre la seguridad y la comodidad de los peatones en un área determinada. Otros análisis posibles son: duración del recorrido, utilización del espacio y recuento de personas en entornos modificados.

Estos análisis fundamentales de la simulación de personas pueden configurarse en función de su entorno de aplicación. **De este modo, el "SimWalk Transport"**, como software especializado en el análisis del flujo de personas en el transporte público, ofrece análisis específicos para el transporte, como por ejemplo los tiempos de trasbordo y la optimización de andenes y de los horarios de trenes. Por otra parte, los programas especializados en evacuaciones ofrecen otras posibilidades de análisis como tiempos de evacuación y similares.

## ¿Qué grado de realismo tiene la simulación de personas?

Al igual que en muchos ámbitos de simulación, en la simulación de peatones existe una gran variedad de modelos y algoritmos que tienen como objetivo reflejar de forma realista el ámbito del problema, en este caso el desplazamiento de peatones. **No obstante, en los últimos años algunos modelos han tenido más éxito que otros, lo cual ha podido comprobarse en la aplicación práctica.** Uno de los modelos más exitosos es el "social force model" desarrollado por Helbing y Molnar, en el que el desplazamiento de los peatones se determina por las "fuerzas" que parten tanto de los objetos como del resto de peatones. Este modelo está implementado en SimWalk, así como en otros programas comerciales para la simulación de personas. Evidentemente, estos algoritmos básicos se van mejorando continuamente para adaptarse a nuevas situaciones.

Al igual que en toda simulación, en la simulación de personas resulta esencial la validación, es decir, la comprobación de que el modelo de simulación reproduce de forma realista el sistema o el comportamiento de transporte representado. En la simulación de personas es posible tanto la macrovalidación como la microvalidación. La macrovalidación compara las macroestructuras del modelo y de la realidad, por ejemplo el comportamiento real de los flujos de peatones en el vestíbulo de una estación de ferrocarril y el comportamiento de los peatones en la simulación. La microvalidación, por el contrario, investiga más bien los comportamientos a pequeña escala, como las densidades ante objetos en la realidad y en la simulación, el comportamiento en las salidas o la duración de los recorridos.

En proyectos en curso y ya terminados, el algoritmo de peatones de SimWalk se valida continuamente. **Concretamente, en el campo de la macrovalidación ha quedado patente en este sentido la representación casi real del comportamiento de los peatones.** Al igual que en la realidad, en la simulación se genera, a partir de los flujos virtuales de personas, lo que los investigadores denominan formación en fila, una separación direccional "automática" de los peatones en la que éstos caminan más o menos en fila india en la dirección correspondiente. Estos fenómenos "emergentes", es decir, macrofenómenos que no están programados al nivel del peatón individual,

son habituales en las simulaciones de personas o de sistemas complejos en general.

La creciente investigación empírica a nivel internacional sobre el comportamiento de los peatones, por ejemplo en lo referido a las velocidades de desplazamiento y los comportamientos del desplazamiento en situaciones normales o en evacuaciones, proporciona una base adicional para las validaciones y la selección de parámetros en simulaciones de peatones concretas.

## ¿Qué datos se necesitan en una simulación de peatones?

Para el planificador de transporte que desea llevar a cabo una simulación de peatones o de pasajeros los datos de partida necesarios para la simulación constituyen un factor decisivo, ya que las nuevas recopilaciones de datos a menudo resultan inviables desde el punto de vista económico u organizativo. Básicamente, la simulación de personas necesita como datos de partida un plano del edificio o del entorno en formato CAD, acompañado en el mejor de los casos de datos empíricos sobre los peatones, como por ejemplo el número de peatones de la zona en cuestión, las relaciones origen/destino (de dónde vienen los peatones y hacia dónde se dirigen), así como datos sociodemográficos (distribución por edades de los peatones) en la medida en que éstos estén disponibles. En este caso, al igual que en todas las simulaciones, cuanto mejores sean los datos, mejores serán los resultados de la simulación. **Para identificar estos datos existen programas especializados que, según el proyecto, pueden servir de apoyo en la aplicación de SimWalk.** Adicionalmente, existen determinados datos básicos procedentes de la investigación internacional sobre peatones, por ejemplo la velocidad media de las personas en Europa central (1,34 m/s, que difiere de otras regiones como Asia) o el comportamiento sobre objetos específicos como escaleras o escaleras mecánicas. Estos datos, aplicables a todos los escenarios, están disponibles en SimWalk a través de una base de datos integrada de peatones. Ésta contiene todos los resultados y datos importantes procedentes de las investigaciones sobre peatones de los últimos veinte años.

Gracias a los nuevos avances técnicos ya no es necesario recurrir al costoso recuento a mano en el campo del recuento de peatones, esto es, la contabilización de personas que se encuentran en un área determinada durante un espacio de



tiempo determinado (por ejemplo los pasajeros que suben a un tren o se bajan de éste). Los métodos de recuento automático asistidos por ordenador, que pueden integrarse en SimWalk, facilitan la obtención de datos para simulaciones de peatones casi reales. Los sistemas de recuento integrados en los vehículos o en puntos seleccionados del entorno permiten no sólo el recuento de personas, sino incluso el registro de las relaciones de transbordo de pasajeros y la duración de los recorridos. Estos datos son de gran interés tanto para la propia simulación como para la validación. Por el contrario, es más difícil valorar la composición sociodemográfica de las personas en cuestión, por ejemplo la distribución de los pasajeros por edades. No obstante, esto puede ser importante para una simulación muy realista, ya que la composición por edades desempeña un papel importante en la determinación de las velocidades de desplazamiento (las personas mayores son claramente más lentas que las jóvenes). La composición varía también a lo largo del tiempo; en el transporte laboral matutino, la velocidad media de los pasajeros es significativamente superior a la del resto del día.

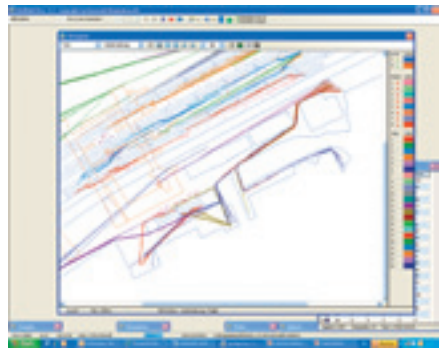
### ¿Cómo se trabaja con un programa de simulación de peatones?

El trabajo específico con un programa de simulación de personas es distinto para cada programa. No obstante, a la hora de realizar una simulación de peatones pueden distinguirse algunas pautas de trabajo fundamentales. En un primer paso, en la mayoría de los casos resulta necesario limpiar los planos CAD disponibles, lo que se traduce principalmente en eliminar de los planos los objetos ornamentales e innecesarios para la simulación. **Básicamente, para la simulación sólo se necesitan de los planos los contornos más sencillos, por ejemplo las paredes de una estación de ferrocarril o de metro, que constituyen un obstáculo para las personas (al igual que en la realidad). El plano depurado se utiliza como base para la posterior simulación.**

En una segunda fase se determina el escenario de los peatones, esto es, el número de peatones que parten de un punto inicial (por ejemplo una calle, una intersección o un tren) y se dirigen a un destino en un momento concreto o en un espacio de tiempo determinado. Estas relaciones origen/destino deben establecerse sobre la base de estimaciones o investigaciones asistidas por ordena-

dor. También se identifican las características de los peatones, como ya se ha mencionado en el caso de los datos sociodemográficos (edad, etc.). Como en toda simulación, resulta interesante la variación de los parámetros en relación con la pregunta planteada: **¿qué ocurriría si el paso inferior lo utilizaran el doble de pasajeros?** ¿Dónde pueden producirse embotellamientos peligrosos en caso de haber el doble de pasajeros? ¿Qué efectos tienen sobre la capacidad de los andenes las modificaciones previstas del horario de trenes? Todos los datos y los pasos de cada una de las personas simuladas se almacenan con SimWalk en una base de datos de simulación. A partir de estos datos pueden obtenerse los análisis y valoraciones más diversos de la simulación, bien configurados previamente o creados desde cero.

Asimismo, los resultados de la simulación pueden visualizarse en 2D ((ilustración 3)) o en 3D ((ilustración 4)). Si bien la visualización en 3D no aporta información adicional referente al análisis del flujo de personas, esta representación virtual de los pasajeros o de los peatones en el entorno correspondiente ilustra con gran eficacia el comportamiento del tráfico.



((Ilustración 3))

### Ejemplo de simulación de pasajeros en el transporte intermodal

Las posibilidades de aplicación de la simulación de pasajeros o peatones son muy variadas, y en principio puede utilizarse en cualquier ámbito en el que el desplazamiento de personas desempeñe un papel importante. Las posibilidades de uso de la simulación de flujos de personas abarcan desde el tráfico rodado público y privado hasta las simulaciones de evacuación y la planificación urbanística.

# SimWalk - Software para la simulación peatonal del manejo de tráfico



- SimWalk para optimizar cruces de peatones
- asegurar la seguridad y el confort en medios de transporte y áreas urbanas para peatones
- mejorar el flujo de pasajeros en estaciones de autobús y metro
- realizar simulaciones de evacuación en medios de transporte y edificios

[www.simwalk.com/es](http://www.simwalk.com/es)



((ilustración 4))



((ilustración 5))

A continuación se detalla, a modo de ejemplo, un caso sencillo de un punto de conexión intermodal de transporte público y privado ((ilustración 5)). El estudio de simulación en la estación de ferrocarril más grande de Suiza, y más concretamente en la conexión entre el tráfico rodado y la salida de

la estación, investiga los efectos de una desviación planificada de pasajeros. De acuerdo con el planteamiento del problema, los tiempos de luz verde de las señales luminosas deben adaptarse a las nuevas circunstancias para que el tráfico motorizado y el flujo de peatones interactúen de manera óptima. En el marco del estudio de simulación con SimWalk era necesario contestar a las siguientes preguntas:

- ¿Cuánto aumenta la densidad de personas a lo largo de la desviación?
- ¿Cuánto aumenta la duración del recorrido de los peatones como consecuencia del desvío?
- ¿Qué efectos tiene la frecuencia de las seña-

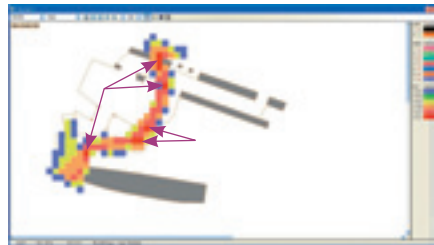




les luminosas sobre la duración del recorrido, la densidad de personas y el tráfico motorizado?

Mediante varias mediciones de frecuencia, se recopilaban las cifras características de los flujos de peatones de la situación actual. A partir de aquí se generó un modelo de simulación que refleja la situación actual.

Se pudo demostrar que el desplazamiento del paso de peatones manteniendo la misma frecuencia de las señales luminosas no representa problema alguno, y que la duración del recorrido, así como la densidad de personas, sólo se ven ligeramente afectadas. No obstante, cuando la frecuencia de la señal luminosa de los peatones ha de adaptarse por existir una distancia más corta hasta la intersección (40 s de fase roja y 12 s de fase verde), esta variante de desvío no se puede implementar, ya que se producen aglomeraciones muy importantes en los pasos de peatones ((ilustraciones 6,7)).



((ilustración 6))

Gráfico de densidades: Las flechas indican los puntos del desvío en los que la densidad de personas es especialmente alta.



((ilustración 7))

Atasco en la zona de transición de peatones: Con una frecuencia de señal luminosa de 40 s fase roja y 12 s fase verde se produce un atasco en la zona de transición de peatones.