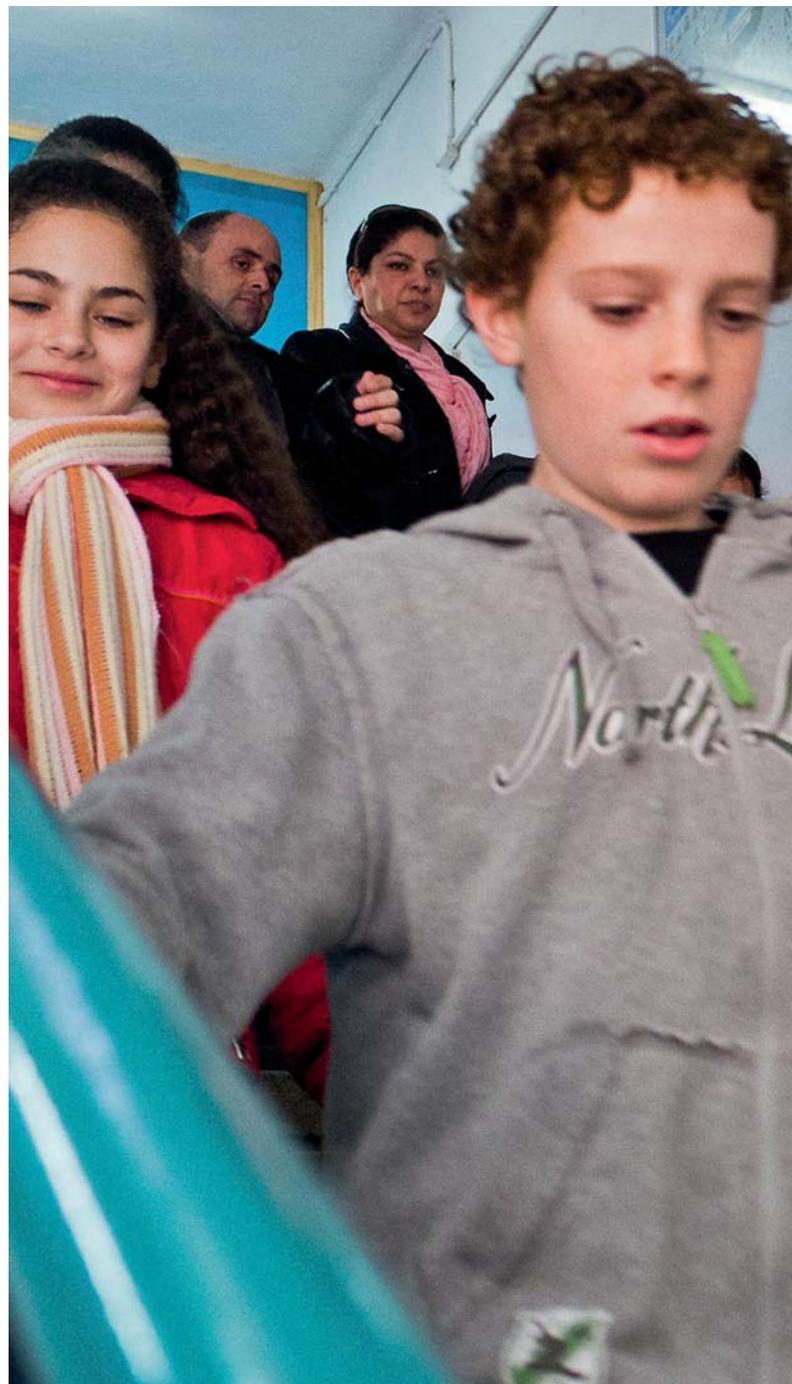


Proyecto de investigación en centros de enseñanza básica de Brasil

Instrucciones para la EVACUACIÓN SEGURA

El objetivo de este artículo es presentar los resultados de un proyecto de investigación que pretende determinar orientaciones para la elaboración de programas de evacuación de edificios escolares de la red pública brasileña, buscando compatibilizar las medidas de seguridad contra incendios y la seguridad patrimonial. En una primera etapa se analizaron las condiciones de seguridad de los edificios escolares seleccionados para medir la compatibilidad entre ambos factores. En una segunda etapa se obtuvieron datos relacionados con los tiempos necesarios para la evacuación de los centros escolares. La propuesta incluyó una secuencia de simulacros y análisis de simulaciones por ordenador de evacuación con inserción de datos de flujo obtenidos para verificar la idoneidad de las salidas en función de variables como obstrucción o reducción del número de alternativas de salida. Obtenidas las informaciones de las primeras etapas, la última parte del trabajo consistió en la elaboración de directrices para la creación de planes de evacuación en edificios escolares.

Por **R. ONO**. Profesora asociada, Departamento de Tecnología de Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de São Paulo, São Paulo, Brasil. Rua do Lago, 876 – Ciudad Universitaria – Butantã. CEP 05508-080 - São Paulo – SP – Brasil. E-mail: rosaria@usp.br.



de edificios escolares



Latinstock

En los estudios realizados en los últimos años en escuelas del sistema público se ha percibido un creciente deterioro de la calidad del espacio físico escolar durante su uso. Los problemas sociales, que redundan en un aumento de la violencia urbana, se reflejan en dichos ambientes. Ante esta situación, los administradores de los centros han comenzado a intervenir para contener los actos de violencia y las intromisiones en los mismos, lo que compromete seriamente sus condiciones de seguridad contra incendios. Muros altos, portones y rejas en las ventanas, restricción del número de accesos y salidas son algunas de las medidas tomadas^(1,2). Muchas de estas intervenciones se realizan de forma precaria, pues las administraciones carecen de un proyecto adecuado o de asistencia técnica profesional con presupuesto específico.

Asimismo, es necesario resaltar que la seguridad contra incendios es un asunto muy poco discutido en el programa escolar, y tampoco existe una política de Estado para implementar la práctica de simulacros de abandono en escuelas en casos de emergencia. Como consecuencia, los administradores de las escuelas y el cuerpo docente no reciben instrucciones ni entrenamiento para responder en dichos supuestos.

La preocupación por la seguridad patrimonial en las escuelas, relacionada con las cuestiones de violencia urbana, cristalizó en Estados Unidos en la publicación de manuales como los de Schneider *et al.*⁽³⁾ y Sprague y Walker⁽⁴⁾, que abordaron el proyecto de edificios escolares seguros y la creación de estrategias de prevención e intervención para crear escuelas seguras.

Otras publicaciones más específicas se concentran en el uso de tecnologías y dispositivos que pueden auxiliar en la administración de seguridad de los edificios escolares, principalmente en el

control de accesos. A modo de ejemplo, cabe citar los trabajos publicados por el National Clearinghouse for Educational Facilities^(5,6,7) y por Schneider⁽⁸⁾. Estas publicaciones destacan que, entre los múltiples factores que pueden influir en el nivel de seguridad de las escuelas figura el propio ambiente construido y su entorno, además de la forma de monitorizar los accesos. Asimismo, debaten los conceptos del método CPTED (*Crime Prevention Through Environmental*

Design) y su aplicación en el ambiente escolar. Estos principios han sido vastamente difundidos, sobre todo en Estados Unidos y Canadá, y se emplean ampliamente desde hace algunas décadas en proyectos de edificaciones y áreas urbanas en dichos países. No obstante, constatamos que en Brasil no ocurre lo mismo. Es importante recordar que las referidas publicaciones en ningún momento dejan de resaltar la necesidad permanente de preservar la integridad de



las salidas de emergencia en cualquier intervención que pretenda mejorar la protección patrimonial.

Objeto y alcance

Siendo el edificio escolar el objeto, el estudio busca principalmente obtener datos para proponer orientaciones que permitan elaborar planes de evacuación para edificios escolares del sistema público.

La seguridad contra incendios es un asunto muy poco discutido en el programa escolar brasileño; tampoco existe una política de Estado para implementar la práctica de simulacros de abandono en escuelas en supuestos de emergencia

En una primera etapa se propuso un análisis de campo. Se analizaron las condiciones de seguridad contra incendios y de seguridad patrimonial de edificios escolares para medir la compatibilidad entre ambos factores. Se analizaron, asimismo, la efectividad de las rutas de escape y las condiciones de uso y mantenimiento de los equipos de seguridad contra incendios y del sistema de seguridad patrimonial.

La primera etapa del trabajo se realizó sobre 10 edificios escolares de la red pública estatal ubicados en el municipio de São Paulo. Como criterios de selección, los edificios debían tener al menos dos pisos de altura y haber sido construidos en épocas distintas, con diferentes tipologías arquitectónicas.

El objetivo de la segunda etapa era obtener datos relacionados con los tiempos necesarios para la evacuación de los edificios escolares, considerando los distintos tipos de intervención física que existen en las rutas de escape, y compararlos con la situación que ocurriría en caso de evacuación bajo condiciones adecuadas, atendiendo a los requisitos de las reglamentaciones. En esta segunda etapa el objeto de estudio de la investigación fue una unidad escolar de una red privada de enseñanza gratuita, ya que se constató lo difícil que es instalar y mantener con seguridad equipos

electrónicos para recoger datos en un centro de enseñanza pública.

Obtenidas las informaciones de las dos primeras etapas, la última parte del trabajo consistió en la elaboración de directrices para la creación de planes de evacuación en edificios escolares, teniendo en cuenta la necesidad de compatibilizar las medidas de seguridad contra incendios y de seguridad patrimonial no solo para nuevos proyectos, sino, además, para la adecuación de edificios en uso.

Materiales y metodología

Para el desarrollo del proyecto se han desarrollado los siguientes trabajos:

- Análisis de las condiciones de edificios escolares desde el punto de vista de la seguridad contra incendios y la seguridad patrimonial por medio de inspecciones técnicas. Como herramientas básicas se utilizaron registros gráficos (en planta), registros fotográficos y mediciones dimensionales de los espacios.
- Recogida y análisis de datos de flujos y velocidades de traslado durante simulacros de abandono de un edificio escolar con empleo de equipos de monitoreo de flujos.
- Análisis de simulaciones por ordenador de evacuación con inserción de datos de flujo obtenidos para verificar la idoneidad de las salidas en función de algunas variables como obstrucción o estrechamiento de rutas de escape o reducción del número de alternativas de salida.
- Propuesta de directrices para la elaboración de planes de evacuación en edificios escolares de acuerdo a los datos obtenidos durante la investigación y consideraciones de fuentes bibliográficas sobre la adecuación de los proyectos de seguridad en este tipo de edificación.



Resultados

Los resultados de la investigación serán presentados en tres etapas de manera secuencial y corresponderán a las principales actividades desarrolladas a lo largo del proyecto.

Análisis de las condiciones de seguridad de los edificios escolares

Este análisis se basa en la inspección técnica de 10 edificios escolares de la red estatal brasileña de enseñanza básica y media del Estado de São Paulo, contemplando edificaciones ubicadas en el municipio de São Paulo. El cuadro 1 presenta datos generales sobre las escuelas inspeccionadas.

Inicialmente se elaboró una guía de inspección que sirvió durante la inspección técnica como lista de chequeo para verificar las condiciones de seguridad de los edificios escolares. La inspección contó, además, con otras herramientas para registro fotográfico (cámara digital) y anotaciones gráficas (plantas).

Se pudo constatar que las condiciones de los equipos que componen el sistema de protección contra incendios en

Cuadro 1. Datos básicos de las escuelas inspeccionadas.

Escuela	Año de construcción	Número de pisos	Nivel de enseñanza	Jornadas	Total de alumnos
1	1997	4	EB I/EB II/ EM	M/T/N	2.000
2	1987	3	EB I	M/T	820
3	1976	2	EB I / EB II	M/T	750
4	2006	4	EM	M/T/N	1.915
5	1978	4	EB I/ EBII/ EM	M/T/N	2.800
6	2007	2	EB I/ EB II/ EM	M/T/N	1.618
7	1981	2	EB I	M/T	1.000
8	2007	3	EB I	M/T	940
9	2006	3	EB I	M/T	800
10	2006	4	EB II/ EM	M/T/N	770

Nivel de enseñanza: EB I: Enseñanza básica I (6 a 10 años). EB II: Enseñanza básica II (11 a 14 años). EM: Enseñanza media (15 a 17 años).
 Jornada: M: mañana. T: tarde. N: noche.

los edificios inspeccionados eran, en general, buenas, según reflejan las informaciones encontradas en las guías de inspección completadas y en el resumen expuesto en el cuadro 2.

Se comprobó que los equipos de protección contra incendios son víctimas del vandalismo, principalmente en las escuelas que cuentan con enseñanza básica II (rango de 11 a 14 años) y enseñanza media (rango de entre 15 y 17 años). El nivel de vandalismo depende también en cierta medida de las características específicas del barrio donde se ubica la escuela y del tipo de administración de-

terminado por la dirección de cada centro escolar.

Asimismo, se concluye que el mantenimiento y la recuperación de los equipos damnificados no son problemas prioritarios para la escuela, ya que se detectó ausencia (total o parcial) y falta de mantenimiento en los ya existentes.

Las rutas de escape en las escuelas son generosas si consideramos sus dimensiones, ya que los pasillos y las escaleras en los edificios escolares comportan un elevado flujo de personas y atienden a dimensiones mínimas determinadas en las exigencias legales. Sin embargo, se com-

Cuadro 2. Condiciones del sistema de protección contra incendios instalado, por escuela.

Nº de la Escuela	Nivel	Sistema de protección contra incendios					Rutas de Escape
		Extintores	Red húmeda y accesorios	Iluminación de emergencia	Alarma de incendio	Señalización	
1	EB I/ EB II/ EM	■	■	■	■	■	■
2	EB I	■	■	■	■	■	■
3	EB I/ EB II	■	■	■	■	■	■
4	EM	■	■	■	■	■	■
5	EB I/ EBII/ EM	■	■	■	■	■	■
6	EB I/ EB II/ EM	■	■	■	■	■	■
7	EB I	■	■	■	■	■	■
8	EB I	■	■	■	■	■	■
9	EB I	■	■	■	■	■	■
10	EB II/ EM	■	■	■	■	■	■

■ Inexistente. ■ Existente, pero comprometido. ■ Existente, sin certeza de operatividad. ■ Existente y operativo.

probó que la utilización de estas vías de evacuación en una situación de emergencia quedó comprometida por la instalación de barreras para el control de acceso y la circulación.

El cuadro 3 presenta los sistemas de protección patrimonial existentes en las escuelas inspeccionadas. Todos los centros estaban cercados por muros y portones altos en sus accesos y la mayoría poseía rejas y portones que dividen internamente los diferentes sectores, tales como área administrativa, canchas deportivas, patios internos, aulas de clase, laboratorios, etc.

Quedó, pues, en evidencia la precariedad del sistema de protección contra incendios como un todo debido al vandalismo y las intromisiones, y también sus consecuencias en la seguridad contra incendios, principalmente en lo que atañe a la salida segura de los ocupantes de los edificios escolares en caso de emergencia.

Recogida y análisis de datos en edificios escolares. Estudio de caso

Al iniciar la actividad de inspección de los edificios escolares de la red estatal ya



se había detectado la dificultad de instalación de los equipamientos para registrar el flujo en las escuelas visitadas, principalmente en lo que se refiere a la propia integridad del sistema a instalar, ya que este debería permanecer en el lugar elegido durante algunos días para monitorizar los flujos.

Esta preocupación llevó a la investigadora a estudiar alternativas viables para la instalación de equipamientos que ofrecieran menor riesgo y garantizaran la efectiva obtención de los datos deseados. Así, se contactó con una institución que man-

Uno de los centros escolares propuso la realización de simulacros de abandono del edificio conjuntamente con el entrenamiento de la brigada de incendios de la escuela

tiene una red particular de educación gratuita para hacer viable esta parte del estudio. Los representantes de una de las unidades escolares de esta red demostraron gran entusiasmo y propusieron aprovechar la ocasión para poner en práctica una serie de simulacros de abandono conjuntamente con el entrenamiento de la brigada de incendios de la escuela, que estaba en periodo de formación.

La propuesta incluyó una secuencia de tres simulacros para dos jornadas en unidades de enseñanza básica (en turnos de mañana y tarde). El primer simulacro tendría día y horarios anunciados con antelación, mientras que para el segundo solamente se anunciaría el día; finalmente, los días y horarios del tercer simulacro solo serían de conocimiento del equipo coordinador. Esta secuencia pre-

Cuadro 3. Condiciones del sistema de protección patrimonial por escuela.

Nº de la Escuela	Nivel	Sistema de protección contra incendios			
		Muros y Rejas	Patrones	Sensores de presencia	CFTC
1	EB I/EB II/ EM	■	■	■	■
2	EB I	■	■	■	■
3	EB I / EB II	■	■	■	■
4	EM	■	■	■	■
5	EB I/ EBII/ EM	■	■	■	■
6	EB I/ EB II/ EM	■	■	■	■
7	EB I	■	■	■	■
8	EB I	■	■	■	■
9	EB I	■	■	■	■
10	EB II/ EM	■	■	■	■

■ Inexistente. ■ Existente, pero comprometido. ■ Existente, sin certeza de operatividad. ■ Existente y operativo.

tendía evaluar la efectividad de los entrenamientos y el análisis de los flujos en función de la reacción de las personas ante una alarma de emergencia que fuera o no preanunciada.

En cuanto a los procedimientos de abandono, cabe destacar que, al definir las rutas de escape, el equipo de la institución educativa optó por los caminos más cortos hacia el punto de encuentro. Se comprobó que las rutas de escape establecidas no coincidían totalmente con los caminos de circulación libre de los alumnos en la rutina escolar. Aun cuando la escuela no presenta problemas de vandalismo, hay pasillos y puertas controlados por la dirección del centro en los que la circulación está restringida o prohibida para los alumnos. De esta forma, se decidió que los referidos corredores y puertas serían abiertos solamente en caso de emergencia por miembros de la brigada debidamente autorizados y previamente entrenados.

Los equipamientos para la monitorización y registro de flujos se instalaron una vez definidos con el equipo de la escuela los puntos en función de las rutas de escape. En total se instalaron 16 cámaras y la escuela cedió un sitio seguro para montar la central de monitorización.

En total se realizaron seis simulacros (tres por la mañana y tres por la tarde). Presentamos los resultados generales (tiempos) de los simulacros en la tabla 1 para las siguientes situaciones:

- Alarma (A): Hora del accionamiento de la alarma.
- 1ª llegada (P): Hora en que el primer alumno llegó al punto de encuentro.
- Última llegada (U): Hora en que el último alumno llegó al punto de encuentro.
- Duración 1 (U-A): Intervalo de tiempo entre la última llegada (U) y la alarma (A).
- Duración 2 (U-P): Intervalo de tiempo entre la última llegada (U) y la 1ª llegada (P).

El presente estudio tiene por objeto los alumnos de enseñanza básica. En consecuencia, y aun cuando los simula-

cros fueron realizados con todos los alumnos de la escuela, en este informe analizaremos únicamente los datos del rango que comprende la enseñanza básica.

Para obtener las velocidades al caminar de los alumnos durante los simulacros se registraron los tiempos de paso del primero y del último alumno de cada curso en todos los puntos de monitorización. Para obtener las velocidades, los datos fueron analizados por tramo recorrido y divididos en dos grandes grupos: tramos rectos (horizontales) y escaleras (verticales). Asimismo, el análisis se realizó separando los datos de los cursos pertenecientes a la enseñanza básica divididos en grupos de edad de dos en dos años.

En total, obtuvimos nueve tramos rectos (horizontales) y cinco tramos de escaleras (verticales), que se presentan en los gráficos 2 a 7. El número de cursos que pasó por los tramos indicados varió a lo largo de los seis simulacros y no todos pasaron por todos los tramos. Ello se debe a la existencia de tres rutas de escape diferentes, a las alteraciones de

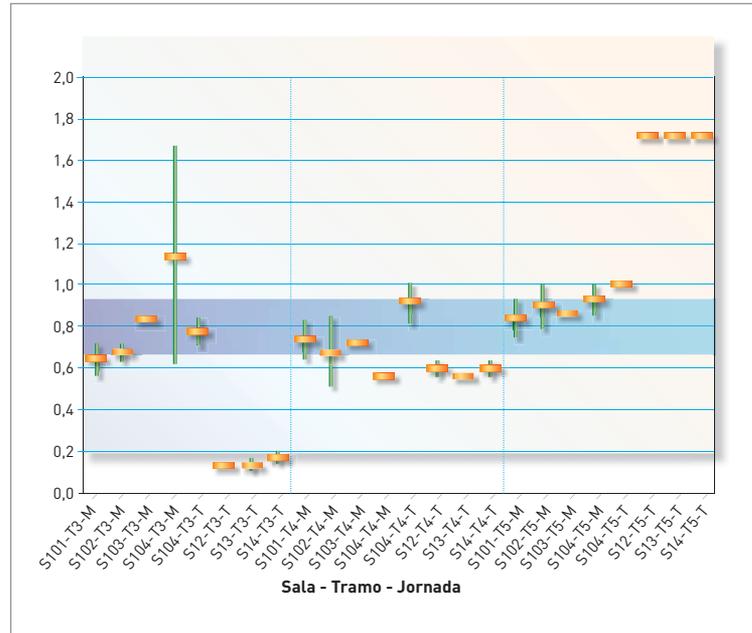


Gráfico 1. Ejemplo de gráfico de velocidades en escalas, por sala, por tramo y por turno para 6 y 7 años. Se indican promedio e intervalo de confianza (superior e inferior).

Tabla 1. Tiempos de los simulacros del periodo de la mañana (hora: minuto: segundo).

Simulacro	Alarma (A)	1ª llegada (P)	Última llegada (U)	Duración 1 (U-A)	Duración 2 (U-P)
1º (1/sept)	09:01:35	09:03:09	09:06:23	00:04:58	00:03:24
	14:00:45	14:02:25	14:06:20	00:05:35	00:03:55
2º (20/sept)	10:59:20	11:00:57	11:05:28	00:06:08	00:04:31
	14:30:30	14:31:59	14:35:52	00:05:22	00:03:53
3º (13/oct)	10:57:58	10:58:57	11:03:03	00:05:05	00:04:06
3º (11/oct)	14:29:50	14:31:08	14:34:17	00:04:27	00:03:09

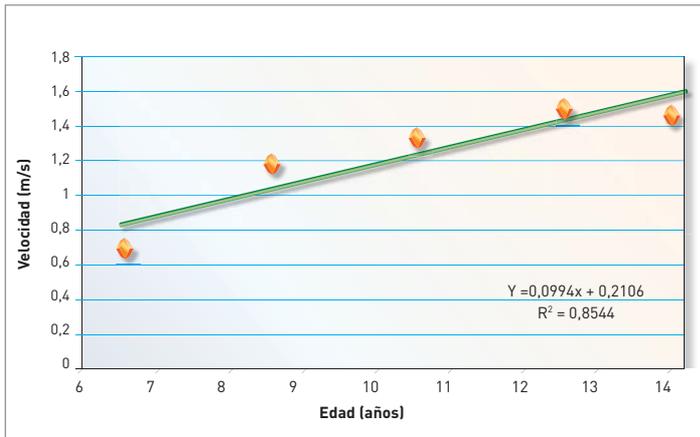


Gráfico 2. Primer simulacro – Tramos rectos.

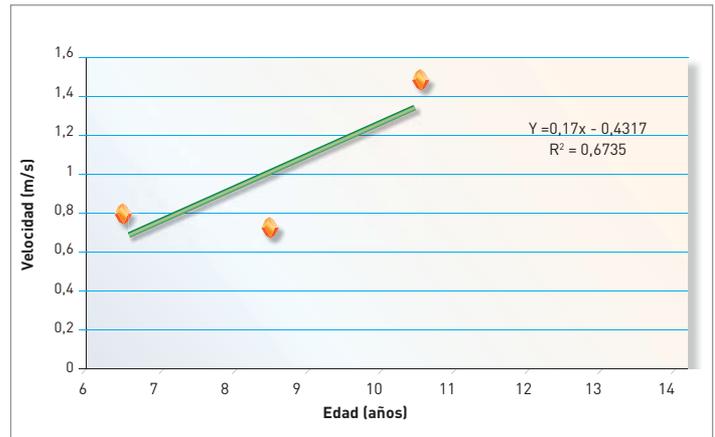


Gráfico 3. Primer simulacro – Tramos de escalera.

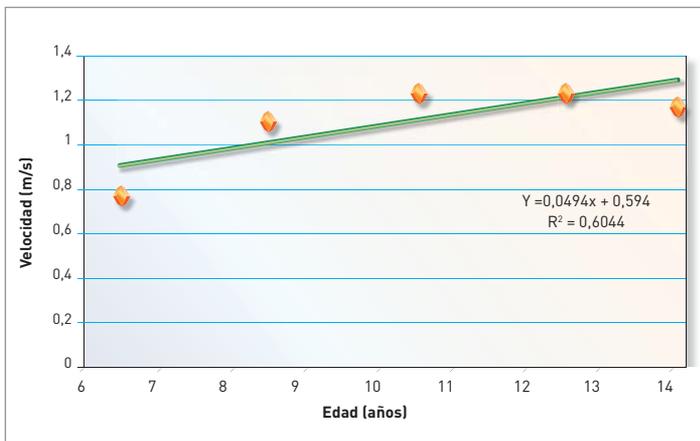


Gráfico 4. Segundo simulacro – Tramos rectos.

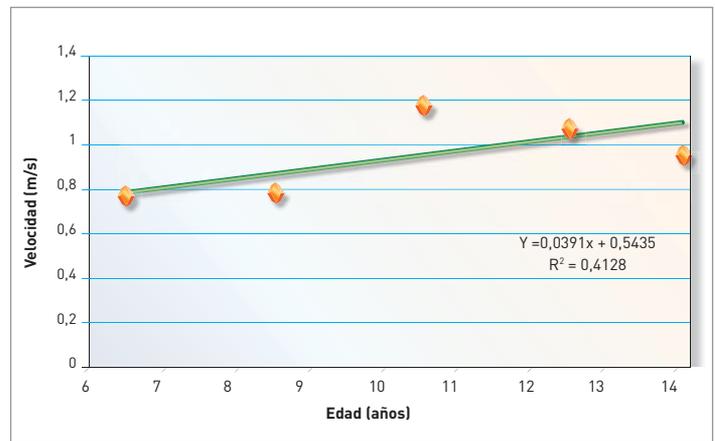


Gráfico 5. Segundo simulacro – Tramos de escalera.

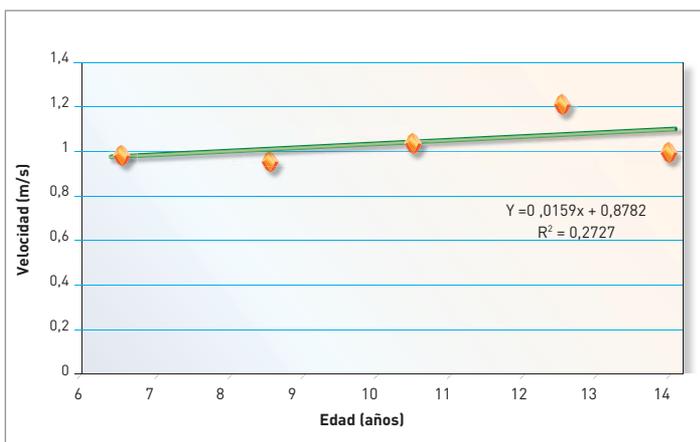


Gráfico 6. Tercer simulacro – Tramos rectos.

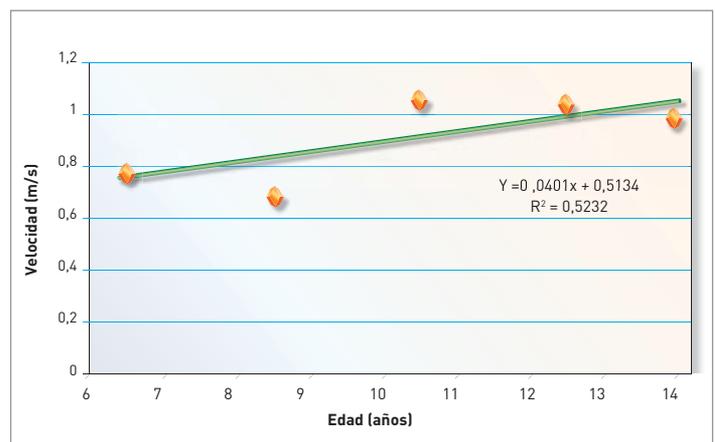


Gráfico 7. Tercer simulacro – Tramos de escalera.

uso de las aulas en los días de los simulacros y a las variaciones en las orientaciones de la brigada de incendios, que tenía autonomía para indicar la ruta de escape más adecuada para cada ocasión.

Los datos de velocidad de cada simulacro se muestran en el gráfico 1 a modo de ejemplo. Los datos de velocidad fueron agrupados por día de simulacro y por rango de edad para verificar la in-

fluencia del rango de edad en la velocidad de **caminada** horizontal y vertical. Los resultados se presentan en los gráficos 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

En estos gráficos, el rango de edad (eje

horizontal) se expresa según la edad promedio de los respectivos rangos. Al trazar la línea recta de tendencias, podemos verificar que solo en el gráfico 2 se obtiene una relación más estrecha entre rango de edad y velocidad al caminar. En los otros gráficos esta relación no es clara debido a una gran irregularidad en los valores de velocidad al caminar obtenidos en los simulacros, conforme se puede observar en el gráfico 1.

Simulaciones de evacuación por ordenador

Para realizar esta parte del estudio se propuso el empleo del modelo BuildingExodus⁽⁹⁾, que era del dominio del equipo de estudio desde 2006. Para las simulaciones por ordenador se fijaron seis escenarios de abandono:

- Escenario 1: Simultáneo.
- Escenario 2: Secuencial.
- Escenario 3: Simultáneo con obstrucción de la escalera de 0,85 m de ancho.
- Escenario 4: Secuencial con obstrucción de la escalera de 0,85 m de ancho.
- Escenario 5: Simultáneo con obstrucción de la escalera de 3,45 m de ancho.
- Escenario 6: Secuencial con obstrucción de la escalera de 3,45 m de ancho.

En el abandono secuencial se introdujeron los tiempos de inicio del movimiento de cada conjunto de salas de la escuela obtenidos de los simulacros de la jornada de la mañana. En un principio, la simulación se realizó utilizando la velocidad típica de la población adulta *default* del BuildingExodus (que varía de 0,8 m/s a 1,5 m/s para tramos horizontales, siendo la velocidad de 0,7 m/s para escaleras). En segunda instancia, se utilizó la población de niños con una velocidad que varía de 0,6 m/s a 1,2 m/s en las salas con menor rango etario. Esta última fue determinada considerando la variación en los resultados de los simulacros realizados.



Los modelos de simulación por ordenador pueden ser una referencia importante para decidir cuáles son las estrategias más adecuadas para el abandono del centro escolar

Se consideró la población de la jornada de la mañana (un total de 906 alumnos distribuidos en 26 salas). Se adoptaron las velocidades inferiores, de niños, para el rango etario de 6 a 9 años (1º a 4º año – 9 salas, 288 alumnos) y se mantuvieron las velocidades típicas de adultos para el rango de 10 a 14 años (17 salas, 618 alumnos). La distribución inicial de la población se puede ver en la figura 1 y los tiempos finales de abandono en la tabla 2.

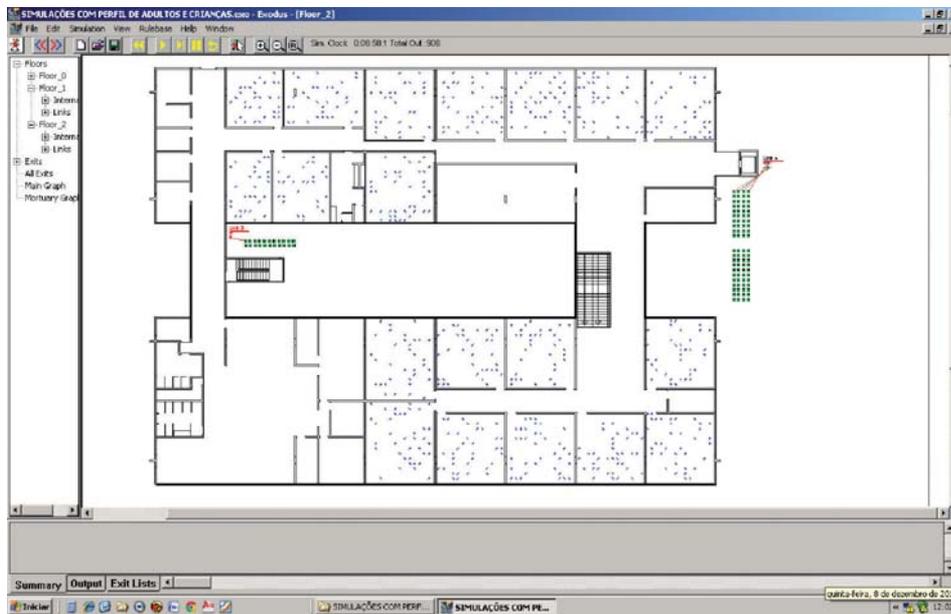
Los tiempos de abandono de las situaciones de evacuación simultánea fueron siempre menores que los de las

situaciones similares de abandono secuencial. La diferencia entre los tiempos de abandono simultáneo del escenario 1 y secuencial del escenario 2 fue de un minuto en las simulaciones, tanto para las poblaciones de tipo A y B (aumento de 14% y 11% en el tiempo, respectivamente). Se advierte que, aunque el abandono simultáneo se produjo en un tiempo total menor, este provocó una gran acumulación de personas y tiempo de espera alrededor de las escaleras, donde el flujo disminuye y se restringe por a la anchura. El abandono secuencial redujo la acumulación de personas en estos puntos de angostamiento del flujo.

La restricción de uso de la escalera menos ancha aumentó el tiempo total de abandono un 16% para la población de tipo A y un 35% para la de tipo B entre los escenarios 1 y 3, y un 13% y un 32% entre los escenarios 2 y 4.

Con la restricción de uso de la escalera de mayor anchura, el tiempo total de

Fig. 1. Visión general de la distribución poblacional en el inicio del simulacro – piso superior.



En cuanto a la restricción de uso de la escalera mayor, hay un notorio aumento del tiempo de abandono en todas las situaciones, que varió poco en relación al tipo de población en los escenarios considerados.

Discusión

Comparación de los resultados de los simulacros con datos de referencia

Como señalamos anteriormente, se constata que hay una gran variación en los datos obtenidos en el análisis de campo realizado como parte de este estudio. Varios factores pueden haber influido en dichos datos. Para determinarlos hay que considerar que:

- La estrategia de abandono secuencial (no simultánea) adoptada puede haber reducido la posibilidad de formación de congestionamientos y aglomeraciones, aumentando así la velocidad y el flujo en los tramos más libres.
- Las buenas condiciones físicas de los

Tabla 2. Tiempo total para abandono del edificio en los diferentes escenarios.

Escenario	Tipo de abandono	Población adulta (Tipo A)	Población adulta e infantil (Tipo B)
Escenario 1	Simultáneo	389 s (00:06:29)	418 s (00:06:58)
Escenario 2	Secuencial	451 s (00:07:21)	472 s (00:07:52)
Escenario 3	Simultáneo sin escalera de 0,85 m	451 s (00:07:21)	566 s (00:09:26)
Escenario 4	Secuencial sin escaerla de 0,85 m	508 s (00:08:28)	622 s (00:10:22)
Escenario 5	Simultáneo sin escalera de 3,45 m	1010 s (00:16:50)	1068 s (00:17:48)
Escenario 6	Secuencial sin escalera de 3,45 m	1030 s (00:17:10)	1105 s (00:18:25)

abandono registró un alza significativa, de un 160% y un 156% para la población de los tipos A y B, respectivamente, entre los escenarios 1 y 5, y de un 128% y un 134% para la población de los tipos A y B, respectivamente, entre los escenarios 2 y 6.

Es posible comprobar que el aumento del tiempo total es menos significativo en el abandono simultáneo cuando se restringe la escalera menor. En el abandono secuencial para la misma situación el tiempo aumenta de manera importante, pues la población de niños que utiliza la escalera menor se ve obligada a hacer un recorrido mayor (a menor velocidad) para llegar al punto de encuentro.



niños y su familiaridad con el edificio, la existencia de rutas predefinidas y de un líder (profesor) para orientar son factores que deben haber influido positivamente en las velocidades.

- La tendencia natural de los alumnos a seguir la velocidad del líder de la fila de cada curso y, por su parte, la tendencia de este a seguir al grupo que está delante, pueden tener como consecuencia el aumento de la velocidad, principalmente en los tramos rectos largos y en las escaleras.
- La densidad de personas en escaleras (número de filas paralelas y simultáneas) puede permitir una gran variación en las velocidades descendentes.

De esta forma, se confirma la necesidad de analizar los datos recogidos de manera más detallada, teniendo en cuenta los diferentes aspectos destacados anteriormente para llegar a conclusiones adicionales sobre los factores específicos que influyeron en las velocidades de caminata obtenidas en este estudio.

Resultados de simulación por ordenador

Como se destacó anteriormente, existen pocos trabajos sobre la simulación de abandono en escuelas y su validación mediante modelos de simulación por ordenador. Klüpfel, Meyer-König y Schrenckenberg⁽¹⁰⁾ realizaron esta comparación introduciendo velocidades que variaron entre 1,2 y 2,0 m/s en las simulaciones y observaron que los resultados de repetidas simulaciones eran siempre más conservadoras (factor de 1,4 a 1,6 veces mayor) que los datos obtenidos en los simulacros.

En cuanto a este estudio, al comparar los datos resultantes de simulacros con lo obtenidos por simulación por ordenador (escenario 2), se puede comprobar que la situación se parece a lo ob-

servado por estos autores. Los tiempos totales de las simulaciones fueron 1,2 a 1,5 veces superiores para la población del tipo A (solo adultos) y de 1,3 a 1,6 veces para la población del tipo B (niños y adultos).

Los resultados de las simulaciones llevadas a cabo en los otros escenarios también ponen de manifiesto tanto la influencia de la estrategia de abandono (simultáneo y secuencial) como las posibles obstrucciones en las rutas de escape. Los modelos de simulación por ordenador son herramientas útiles e importantes para evaluar la eficiencia de las rutas de escapada con las que se puede determinar el grado de influencia de obstrucciones sin causar trastornos reales; pueden, por otra parte, servir de referencia para decidir cuáles serán las estrategias de abandono más adecuadas.

Directrices para la elaboración de planes de abandono en edificios escolares

Para elaborar programas de abandono en edificios escolares en situaciones de emergencia se recomienda, inicialmente, analizar las condiciones de las rutas de escape. Sugerimos que se siga la guía que se describe a continuación:

- Verificar y trazar en la planta baja todas las alternativas de escape del edificio (trayectos horizontales y verticales), aun cuando actualmente estén obstruidas o bloqueadas.
- Registrar las condiciones de uso de todas las rutas de escape identificadas en el edificio escolar a lo largo de todo su trayecto, desde los ambientes ocupados hasta la salida del centro (no





Latinstock

considerar como ruta de escape los corredores y escaleras con ancho libre inferior a 1,10 m).

- Anotar el número y los tipos de obstrucciones existentes a lo largo de las rutas de escape consideradas (pasillos y escaleras), además de la facilidad o dificultad de su desbloqueo.
- Evaluar los cuartos donde existan riesgos iniciales de incendio y determinar su localización en relación con las rutas de escape (áreas donde se usan materiales combustibles o inflamables, o fuentes de calor). Comprobar si hay rutas alternativas de escape considerando la imposibilidad de paso por estos puntos en caso de incendio.
- En general, aparte de los corredores de circulación horizontal, las escuelas con hasta tres pisos poseen al menos dos cajas de escaleras del tipo abierta

(sin puertas) para la circulación vertical. Desde un punto de vista práctico, tanto los corredores como las escaleras deben permitir la circulación libre de las personas de forma permanente. Es necesario comprobar que estas circulaciones tienen condiciones plenas de uso como salida de emergencia y garantizar que estén totalmente desobstruidas en todo su trayecto hasta una salida del edificio.

- Para garantizar la protección de la población escolar en un lugar seguro se recomienda estudiar los sitios que pueden considerarse puntos de encuentro (uno o más) y que estén ubicados, en principio, en el interior del área de la escuela, pero fuera del edificio. Los puntos de encuentro deben ser espacios abiertos con buena ventilación, sin peligro de incendio o explosión y deben estar suficientemente alejados de los edificios adyacentes, de modo que los alumnos no se expongan a los efectos de un eventual incendio (llamas, humo y calor). Los puntos de encuentro también deben permitir el acceso controlado al exterior del área y la entrada de los equipos externos de socorro.

La organización de las circulaciones y de sus puntos de acceso (entradas y salidas), cuyo fin es la seguridad patrimonial y la seguridad contra incendios, debe tener prevista, como principio, la puesta en práctica de un sistema que prevea: a) la monitorización; b) la detección y la alarma, c) la respuesta a la situación. El sistema se compone de tres elementos principales:

- Monitorización, clasificada en:
 - Presencial.
 - Remota.
 - Híbrida.
- Detección y alarma, cuya activación puede ser:
 - Personal (detección y comunicación directa).

- Por equipos (sensores y alarmas).
- Respuesta para reducir daños. Se divide en:
 - Accionamiento de equipos para garantizar la seguridad patrimonial.
 - Accionamiento de equipos para garantizar el abandono seguro.

Ante la dificultad para monitorizar las circulaciones en el interior del centro durante la rutina escolar, se pueden determinar sectores donde la circulación sea limitada y deba ser controlada. Se debe implantar un sistema de administración para controlar estos puntos, bien mediante la simple ubicación de agentes (personas) que controlen el uso de estas áreas, bien mediante bloques físicos (portones, rejas, etc.).

Para instalar y mantener portones cerrados hay que evaluar con criterio los bloqueos que deben mantenerse efectivamente cerrados durante el periodo de clases y tenerlos en el mínimo número posible. Asimismo, es imprescindible implementar procedimientos que garanticen la apertura de estos bloqueos en caso de emergencia.

Una vez determinada la organización de las rutas de escape, es importante la formación e implementación de la brigada de incendios, la determinación de un plan de emergencia y, finalmente, las estrategias para el abandono del edificio. A la hora de definir la estrategia de abandono del centro se puede implantar la práctica periódica del plan de abandono.

Conclusiones

El estudio permitió confirmar la hipótesis inicialmente mantenida de la existencia de conflictos gerenciales entre la seguridad patrimonial y la seguridad contra incendios en las escuelas públicas de enseñanza básica. Tratamos de resolver este problema abriendo un posible ca-

mino para formular una serie de orientaciones destinadas a la dirección de centros escolares que estén preocupados por este asunto.

Otro aspecto analizado en este estudio fue la falta de datos y características del movimiento de evacuación de niños en las escuelas. El trabajo permitió tanto la recogida y el tratamiento de una gran cantidad de datos obtenida en un estudio de caso como la comparación entre tiempos de abandono total y los resultados obtenidos en simulaciones por ordenador de forma positiva. La simulación por ordenador demostró ser una herramienta útil para el análisis de las rutas de escape y de la influencia de posibles obstrucciones en los tiempos finales de abandono.

Los registros de los simulacros en el estudio de caso han permitido, además, obtener otros datos importantes para el análisis de flujos y densidades en el uso de rutas de escape que deberán fomentar futuros estudios.

Finalmente, el empeño en la organización e implementación de programas de abandono en escuelas de enseñanza básica en Brasil –que aquí hemos de-



fendido—no está intensamente vinculado con los riesgos inherentes al uso de ese tipo de edificio o a su población, que se consideran bajos, sino al ejercicio de la ciudadanía y a la cultura de la prevención contra incendios, que deberían ser ampliamente divulgados a la comunidad a través de las instituciones de enseñanza pública. ♦

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por FUNDACIÓN MAPFRE (Ayudas a la investigación 2011). Los autores agradecen a la Fundación para el Desarrollo de la Educación y a la Secretaría de la Educación del Estado de São Paulo por proporcionar las condiciones que permitieron las inspecciones a las escuelas de la red estatal de educación; y al Servicio Social de la Industria del Estado de São Paulo (SESI/SP), que nos facilitó el acceso al establecimiento de enseñanza para realizar los simulacros de abandono.

PARA SABER MÁS

- [1] Novaski, Mariana. Segurança contra incêndio em edifícios escolares. Informe final de iniciación científica. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2010.
- [2] França, Ana J. G. L.. Ambientes contemporâneos para o ensino-aprendizagem: avaliação pós-ocupação aplicada a três edifícios escolares públicos situados na região metropolitana de São Paulo. Disertación (Magister), São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2011.
- [3] Schneider, Tod *et al.* Safe school design: A handbook of educational leaders. Applying the principles of crime prevention through environmental design. Washington, D.C.: Eric Clearinghouse On Education Management College of Education. University Of Oregon, 2000.
- [4] Sprague, Jeffrey; Walker, Hill. Guide 1 - Creating schoolwide prevention and intervention strategies – Safe and secure: Guides to create safer schools. Northwest Regional Educational Laboratory, 2002.
- [5] National Clearinghouse For Educational Facilities. Improving school access control. National Institute of Building Sciences. Prepared under a grant from the United States Department of Education, Office of Safe and Drug-Free Schools: 2008a.
- [6] National Clearinghouse For Educational Facilities. Low-cost security measures for school facilities. National Institute of Building Sciences. Prepared under a grant from the United States Department of Education, Office of Safe and Drug-Free Schools: 2008b.
- [7] National Clearinghouse For Educational Facilities. Door locking options in schools. National Institute of Building Sciences. Prepared under a grant from the United States Department of Education, Office of Safe And Drug-Free Schools: 2009.
- [8] Schneider, Tod. Ensuring quality school facilities and security technologies. Washington, D.C.: The Hamilton Fish Institute on School and Community Violence and Northwest Regional Education Laboratory, 2007.
- [9] Galea, E. R. *et al.* Building exodus V 4.0 - User guide and technical manual, University of Greenwich, London, 2004.
- [10] Klüpfel, H; König, T. M.; Schreckenberg, M. Comparison of an evacuation exercise in a primary school to simulation results. Disponible en: <http://www.traff-goht.com/downloads/research/bypass/evakuebung-rahm-en.pdf> (13/12/2011).