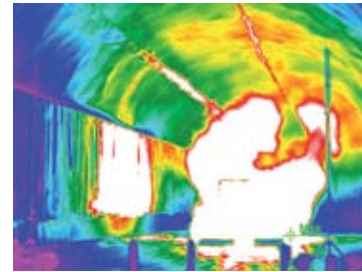


ENSAYOS DE SISTEMAS  
CONTRA INCENDIOS

SEGURIDAD  
A TODA PRUEBA



■ La utilización de software que simulan el avance del fuego al interior de las estructuras y la realización de pruebas experimentales de incendios se aplican con el objetivo de analizar la propagación del humo y la respuesta de los sistemas de seguridad contra siniestros.

■ Una exigente prueba para los sistemas contra incendios.

CATALINA CARO C.  
PERIODISTA REVISTA BIT

**L**AS MEDIDAS de protección contra el fuego son fundamentales para salvar vidas y minimizar las pérdidas económicas producidas por un incendio. De ahí la importancia de evaluar detalladamente las precauciones a tomar para evitar el colapso de las estructuras, e impedir que el avance del humo y el fuego impidan la evacuación de las personas al afectar su visibilidad y respiración.

Actualmente la tecnología facilita la evaluación de las medidas de protección a través de software que modelan estructuras y simulan siniestros en su interior. A estas tecnologías se suman los ensayos en terreno de incendios, que permiten visualizar de forma real el avance del humo, los efectos del calor y las altas temperaturas, para así evaluar la efectividad de los sistemas de seguridad contemplados para un proyecto. A continuación, el análisis de estas herramientas.

**SOFTWARE DE SIMULACIÓN**

Para evaluar un sistema de seguridad contra incendios se acostumbra realizar múltiples cálculos para determinar el avance del fuego en una estructura considerando diversos factores como materialidad y ventilación, entre otros. Sin embargo, "en la actualidad además del cálculo es posible utilizar un software que muestra gráficamente una estimación de lo que ocurriría durante un incendio, al simular casos puntuales", explica Francisco Felis, ingeniero civil mecánico e investigador del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales (Idiem), de la Universidad de Chile, entidad que aplica modelos computacionales para poner a prueba los sistemas contra incendios.

Los software que emplea esta entidad, son denominados genéricamente como CFD (Computacional Fluid Dynamics), y en particular utilizan el código FDS creado por el NIST (National Institute of Standards and Technology) de Estados Unidos. El sistema se aplicó en la evaluación de edificios y túneles, generando modelos de las estructuras en tres dimensiones y dividiendo su volumen en miles de diminutas celdas (malla), que predecirán el comportamiento global al interior del edificio durante un incendio.

"Esta tecnología permite conocer cómo se moverán los fluidos a alta temperatura. Para ello se genera una fuente de calor simulada, un incendio, y el programa computacional muestra cómo se desplaza el aire caliente punto a punto dentro de la malla. En este proceso se pueden generar distintos escenarios de incendio o de ventilación, para ver si existen discrepancias con el análisis teórico", indica Felis.

El software muestra campos de velocidad



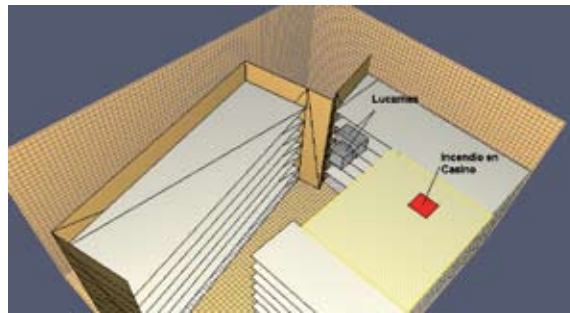
Prueba de humos calientes en el túnel San Cristóbal, donde el sistema de detección de incendios no funcionó como se esperaba.

GENTILEZA IDIEM

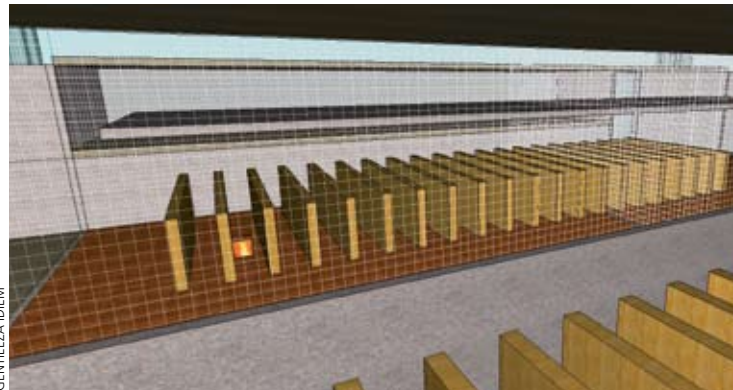
de fluidos, campos de temperatura y de presión, para observar desde dónde y hacia dónde se desplaza el aire y el humo, la opacidad de este último y su comportamiento. Este sistema también puede relacionarse con un modelo de comportamiento estructural al calor y a uno de evacuación de personas, mostrando un panorama integral ante un siniestro.

### LOS CASOS

Este software de simulación fue utilizado para evaluar los sistemas de seguridad contra incendios del Centro Cultural Gabriela Mistral, detectando un riesgo importante en el área de biblioteca, desde donde podrían traspasarse las llamas a la estructura superior aumentando el riesgo de colapso. Esto, debido a que la estructura estereométrica de la parte superior de la biblioteca fue protegida con pintura intumescente, otorgando una protección limitada en tiempo ante el fuego, lo que de acuerdo a las simulaciones realizadas resultaba insuficiente. Por ello, las soluciones propuestas fueron aumentar la protección de



Simulación por software de un incendio en la Universidad San Sebastián, para analizar el comportamiento del enrejado de acero ubicado en su cubierta.



Modelo computacional de la biblioteca del Centro Cultural Gabriela Mistral, para someter a análisis sus sistemas de protección contra incendios.

la estereométrica o evitar que un incendio en la biblioteca pueda afectar dicha estructura. Para lograr esto último, se recomendó el uso de vidrios armados, que no estallan ante un incendio, impidiendo el paso de las llamas.

Otro caso analizado fue el Campus Bellavista de la Universidad San Sebastián, en donde se realizaron simulaciones de siniestros en sus distintos edificios, con el fin de medir el comportamiento del enrejado de

# Aire Acondicionado

Respaldo • Calidad • Garantía



anwo.cl



La más completa línea...  
...con el respaldo de un líder

Venta a través de Instaladores - Distribuidores



ESPECIALISTAS EN CLIMATIZACION

Geotermia

Caldera Leña

Caldera Pellets

Aire Acondicionado

Eficiencia Energética

Caldera Parafina

Caldera Gas

Caldera Condensación

Aerotermia



**Izquierda. Ensayos al vacío al interior de un túnel para medir la velocidad del aire sin la generación de incendios ni la presencia de humo.**

**Abajo. Prueba de humos fríos, para analizar su movimiento y la posibilidad de que se acumule en algún sector o se traspase a las galerías de evacuación.**



GENTILEZA IDIEM

acero ubicado en la cubierta de toda la estructura uniendo los edificios. Allí se calculó la temperatura probable que un incendio de gran magnitud podía generar a esa altura, con el fin de diseñar un sistema de protección adecuado. Con la simulación se concluyó que no todo el enrejado estaba expuesto a ser afectado por el fuego, por lo que se protegió con manta cerámica sólo las áreas que podrían verse expuestas a altas temperaturas, permitiendo un ahorro en materiales de protección al optimizar la solución sin sobredimensionar los sistemas de seguridad. Las zonas protegidas fueron aquellas adyacentes a los compartimentos con ventanas.

Para Marcial Salaverry, ingeniero civil e investigador del Idiem, uno de los principales inconvenientes con que se enfrentan es que “nos piden evaluar proyectos cuando ya es-

tán construidos, lo que nos obliga a diseñar soluciones sobre una obra terminada, con todas las dificultades que eso implica. Las evaluaciones y medidas contra el fuego debieran hacerse durante la etapa de proyecto para aplicar soluciones óptimas y con menor costo”.

## ENSAYOS EN TÚNELES

Otra de las evaluaciones a sistemas contra incendios son las pruebas en terreno a escala real, llevadas a cabo hasta ahora sólo en túneles. Este tipo de ensayos resulta fundamental si consideramos que el problema que afecta a los túneles no es sólo el incendio, sino también la necesidad de extraer el humo para permitir la evacuación. “A diferencia de los edificios, en los túneles el problema relevante no es estructural, sino casi exclusivamente de

la fluidodinámica del fuego. Al interior de un túnel es más importante mantener el aire limpio”, asegura Salaverry.

Los objetivos de estos ensayos son:

1) Evaluar el funcionamiento del sistema de ventilación y extracción de humos en caso de incendios en túneles.

2) Evaluar el comportamiento del sistema de detección de incendios al interior del recinto.

3) Evaluar la lógica de control, forma de extracción y la dirección de los humos según la ubicación del incendio.

4) Verificar la seguridad de las vías de evacuación.

Para ello, la evaluación cuenta con tres etapas, primero se realizan ensayos al vacío, que consisten en medir las velocidades del aire para establecer un perfil en base a los grupos de ventiladores encendidos en el interior, sin la generación de incendios ni la presencia de humo. En segundo lugar se realizan ensayos de humos fríos, en que se genera una cierta cantidad de humo blanco (como el utilizado en los efectos teatrales), no dañino, para analizar su movimiento y la posibilidad de que se acumule en algún sector o se traspase a las galerías de evacuación. Finalmente, mediante un análisis teórico se escoge el tramo más desfavorable del túnel, considerando factores como longitud, pendiente, dirección del flujo y efectos atmosféricos, para realizar la prueba más importante, la de humos calientes. “En estos exámenes, únicos en Latinoamérica, generamos un incendio controlado, para lo cual utilizamos recipientes de acero con superficies de entre 2 a 4 m<sup>2</sup>, que se llenan con 200 a 400 litros de combustible líquido (Isopar C) para cada incendio provocado, logrando con esto potencias de fuego que pueden llegar a los 8 mega watts (MW), equivalentes a dos o tres autos incendiándose”, explica Miguel Pérez, ingeniero civil mecánico e investigador de la unidad de incendios de Idiem.

El especialista agrega que “las pruebas realizadas en túneles requieren meses de preparación, pues es necesario planificar las actividades con Bomberos, Carabineros y servicios médicos. Para llevar a cabo los ensayos se recurre a anemómetros para medir la velocidad del aire, y termocuplas, termoresistores, cámaras termográficas, fotográficas y de video para medir temperaturas, estimar flujos de calor y disponer de un registro del evento

## ACCIDENTES BAJO TIERRA

**EL 24 DE MARZO de 1999, el incendio de un camión cargado con harina y mantequilla, al interior del túnel transalpino Montblanc, de 11,6 km de longitud, que une a Francia e Italia, produjo la muerte de 39 personas, principalmente por fallas en el sistema de extracción de humo del túnel y un error humano, al encender el sistema de ventilación que propagó el humo y el fuego.**

**En Chile, el incendio de tambores con parafina y grasa en fragua en el acceso a un piñón de la mina El Teniente, ocurrido el 19 de junio de 1945, provocó la muerte de 355 personas debido a que el sistema de ventilación propagó el humo al interior de la mina.**



**Preparación del recipiente con combustible para la prueba de humos calientes.**



y principalmente del movimiento de humo. A lo que se suma la instalación de más de tres mil metros de cables para los sensores, los que conectados a computadores trabajan en tiempo real en la adquisición de datos para tomar decisiones operacionales como poner a funcionar ventiladores adicionales o no”.

### ESTRATIFICACIÓN DEL HUMO

En estas pruebas es posible medir la estratificación del humo, fenómeno en que “los humos calientes se elevan por efecto de su densidad hasta quedar en la parte superior de la estructura para avanzar por dicha zona. Sin embargo, a medida que se desplaza se enfría y desciende, pudiendo incluso llenar completamente la sección del túnel. Cuanto más baja el humo, más afecta a las personas”, indica Pérez. Por ello, es importante que los sistemas de extracción tengan poca distancia entre sí, para evitar la desestratificación, permitiendo la evacuación segura de las personas. También resulta clave que logren succionar eficientemente el humo sin mezclarlo con el aire interior, debiéndose controlar los caudales de extracción.

Una vez realizados los ensayos, con los da-

## TÚNELES EN CHILE

**EN NUESTRO PAÍS** actualmente existen 23 túneles construidos, entre viales y ferroviarios, alcanzando los 22 km de longitud. A eso se suma los 95 km de tren subterráneo en Santiago, que en los próximos meses aumentarán a 104 km, tras sumarse la extensión de la Línea 5 hasta la comuna de Maipú. Una gran parte de los más de cien kilómetros de Metro corresponden a túneles subterráneos.

En relación a los túneles mineros, sólo la mina El Teniente cuenta con más de 2.400 km de túneles, siendo la mina subterránea más gran del mundo.

En la actualidad ya se proyectan nuevos corredores trasandinos y probablemente en el futuro el número de túneles seguirá aumentando.



tos obtenidos es posible validar el modelo computacional del túnel, ajustando algunos de sus parámetros, para generar simulaciones que permitan representar el comportamiento de los sistemas de seguridad ante otros escenarios de incendio. Estos ensayos a escala real se efectuaron en el Túnel Costanera Norte, de 4.000 m de longitud, ubicado bajo el río Mapocho en Santiago, detectándose durante el desarrollo de las pruebas de humos calientes el traspaso de humo hacia el tubo vecino no incendiado, por las puertas de conexión vehiculares, lo que obligó a re estudiar los planes de ventilación y la lógica operacional del túnel.

El Túnel San Cristóbal, de 1.825 m de longitud, también se sometió a estos ensayos. En ellos no funcionó como se esperaba el sistema de detección de incendios (cable lineal), en las pruebas de menor potencia, equivalentes a 2 MW.

Las pruebas experimentales a escala real de humos calientes hasta ahora en nuestro país se han realizado sólo en túneles, pero en el Idiem no descartan efectuarlas en otro tipo de estructuras que requieran controlar el avance del humo. “En Chile más del 70% de las muertes en incendios se producen a causa de inhalación de humo, incluso en zonas alejadas del siniestro. Sin embargo, el acento se pone sólo en la resistencia estructural y en evitar la

propagación, por lo que hasta ahora los proyectos no cuentan con estrategias de ventilación y extracción de humo”, indica Salaverry.

“La reglamentación nacional de incendios para edificios de altura sólo indica que cuando se activa una alarma contra incendios el sistema de control automático debe detener el funcionamiento del aire acondicionado y climatización, pues propagan el humo”, señala Felis.

Las herramientas de modelamiento y cálculo de incendios se complejizan y multiplican, mejorando así los sistemas de protección contra el fuego y el humo. En Chile ya hay muestras concretas de su uso. Una prueba de seguridad. ■

[www.idiem.cl](http://www.idiem.cl)

### ■ EN SÍNTESIS

**Con el fin de evaluar los sistemas de seguridad contra incendios se han desarrollado softwares de simulación de siniestros que permiten analizar gráficamente la dinámica de fluidos, la resistencia estructural y la evacuación de personas ante una situación de fuego. La realización de ensayos en terreno a escala real se ha desarrollado en túneles, permitiendo analizar en una situación real el comportamiento del humo, poniendo a prueba los sistemas extracción y ventilación de dichas estructuras.**

BIT 75 NOVIEMBRE 2010 ■ 87



[www.grau.cl](http://www.grau.cl) • PREFABRICADOS DE HORMIGON • [proyectosespeciales@grau.cl](mailto:proyectosespeciales@grau.cl)



# Tuberías Corrugadas de HDPE



## Olvídense del Concreto y la Electrofusión



- AGUAS LLUVIAS • ALCANTARILLADO • CANALIZACIONES
- SISTEMAS DE DRENAJE • ALCANTARILLAS DE CAMINO

**Despachamos  
a todo Chile**

Atención al Cliente: (56-2) 413 0019 Fax: (56-2) 413 0040

Contacto: [infraestructura@tigre-ads.com](mailto:infraestructura@tigre-ads.com) [www.tigre-ads.com](http://www.tigre-ads.com)

Planta Santiago: Panamericana Norte 20.500 - Lampa Planta Antofagasta: Camino La Minería 265 - Sector La Negra

**MAXIMO  
PODER CUBRIDOR**



# LATEXCUBRIENTE TOTALDELOXON

SHERWIN WILLIAMS CHILE S.A - Av . La Divisa 0689 San Bernardo - Fono: 540 00 00 - Santiago - Chile  
Visita Nuestras Tiendas en [www.sherwin.cl](http://www.sherwin.cl)