

## AISLACIÓN Y DISIPACIÓN DE ENERGÍA

# CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE

■ Tras el terremoto que afectó recientemente a nuestro país, se multiplica el interés por conocer más de sistemas especiales que disminuyen los efectos de los sismos en las estructuras. Entre ellos se encuentran los aisladores y los disipadores de energía. ■ La construcción sismorresistente dice presente.

DANIELA MALDONADO P.  
PERIODISTA REVISTA BIT

El edificio Andalucía, corresponde a un proyecto experimental que cuenta con aisladores de goma.

**A**ISLAMIENTO sísmico y disipación de energía, son dos conceptos que comenzaron a sonar con más frecuencia, luego de ocurrido el terremoto del 27 de febrero. A solicitud de los lectores, entregamos un completo resumen con lo mejor de BiT en esta materia y una interesante actualización con los principales expertos del país. Hay definiciones, características y ejemplos concretos.

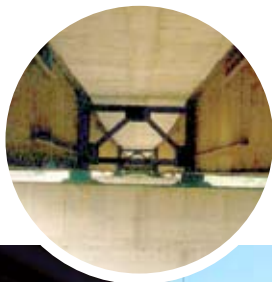
### AISLAMIENTO SÍSMICO

El principio fundamental del aislamiento sísmico consiste en un desplazamiento de la frecuencia fundamental de la estructura des-

de un valor alto, donde los sismos tienen gran contenido energético, a un valor bajo, donde carecen de energía. Así el aislador actúa como un filtro del movimiento sísmico horizontal, que no deja pasar la energía hacia la estructura que se encuentra sobre él. Existen numerosos dispositivos de los cuales los aisladores friccionales y elastoméricos con o sin núcleo de plomo son los más conocidos y utilizados. Ambos se instalan individualmente o junto a otros dispositivos como amortiguadores. A continuación mencionamos algunas de las edificaciones nacionales que cuentan con este sistema:

■ **Edificio Andalucía (1992):** El primer proyecto chileno aislado sísmicamente, fue el edificio de 4 pisos de la comunidad Andalu-





## PUENTE MARGA MARGA

El Puente Marga Marga de Viña del Mar fue el primero con aislación sísmica en Chile. Además, es uno de los pocos casos (junto con el edificio Andalucía y la línea 5 del Metro) en que se cuenta con registros sísmicos del terremoto, que es la base para cualquier estudio. En este caso hay 24 sensores ubicados en diferentes puntos como en el suelo, las cepas, los estribos y el tablero, los cuales funcionaron durante el sismo entregando una información muy valiosa para los futuros cálculos estructurales.



GENTILEZA MAURICIO SARRAZIN

cia, ubicado en la comuna de Santiago. Éste cuenta con aisladores de goma de tipo cilíndrico de 30 cm de diámetro y con láminas de acero de 2 mm de espesor. La iniciativa corresponde a un proyecto experimental del Ministerio de Vivienda y la Universidad de Chile, que dispuso en el edificio, 4 equipos digitales SSA-2 para realizar estudios. Las mediciones también se captan en una edificación vecina sin aislamiento sísmico. "Tras el terremoto comparamos los registros del edificio aislado, tanto los del suelo en dirección transversal, vertical y longitudinal y los del techo en las mismas direcciones, con lo registrado en el edificio vecino (no aislado sísmicamente), observando que la magnitud de aceleraciones de este último aumentaron en 5 veces, lo que significa que el sistema funcionó tal como se había pensado", relata Mauricio Sarrazin, académico de la Universidad de Chile y promotor de esta iniciativa, quien agrega que, contrario a lo que ocurre habitualmente en los edificios, en la estructura aislada los registros horizontales del techo son menores que los del suelo.

■ **Otras iniciativas con aislación sísmica en Chile:** El equipo de trabajo de la Universidad Católica, liderado por el profesor Juan Carlos de la Llera, ha trabajado

en varios otros proyectos aislados sísmicamente como la Clínica San Carlos de Apoquindo (52 aisladores elastoméricos, 22 de ellos con núcleo de plomo); el edificio San Agustín de la Universidad Católica (53 aisladores); el Hospital Militar de La Reina (164 aisladores elastoméricos); el edificio prefabricado de la empresa VULCO S.A.; y dos edificios de consultas de la Asociación Chilena de Seguridad, uno en Santiago (con 23 aisladores elastoméricos y 9 friccionales) y otro en Viña del Mar. Entre otros proyectos aislados en el país se encuentran: los estanques del terminal de regasificación GNL Quintero (diseñados para resistir sismos de ocurrencia uno cada 2.470 años y equipados cada uno con 260 aisladores sísmicos pendulares con el fin de minimizar el oleaje al interior del estanque durante un sismo de gran intensidad. El montaje estuvo a cargo de Echeverría Izquierdo Montajes Industriales). Se suman también el puente Amolanas (equipado con apoyos deslizantes y amortiguadores viscosos) y las líneas 4 y 5 del Metro de Santiago, sostenidas sobre apoyos elastoméricos para que los rieles, después de ocurrido un terremoto, queden alineados y continúe la operación a las pocas horas (el diseño sísmico fue realizado por CADE-IDEPE con la asesoría de S y S Ingenieros Consultores).

# SISTEMAS DE DRENAJE



- ZANJAS DE INFILTRACIÓN
- POZOS ABSORBENTES
- ESTANQUES DE ACUMULACIÓN
- 90% DE POROSIDAD
- 38 ton/m<sup>2</sup> DE RESISTENCIA
- 300 m<sup>3</sup> POR CAMIÓN
- DRENAJE SOBRE LOSAS DE HORMIGÓN
- REDUCCIÓN DE PATIOS DUROS
- PAVIMENTOS VERDES



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

## MUROS DE CONTENCIÓN



- MUROS TEM O MSE ANTISISMICOS
- SISTEMA PREFABRICADO
- NO UTILIZA ACERO
- TERMINACIÓN ESTÉTICA
- BLOQUES DE COLORES
- RAMPAS DE ACCESO
- ESTRIBOS DE PUENTES



[www.sistemasgeotecnicos.cl](http://www.sistemasgeotecnicos.cl) - [geoemin@emin.cl](mailto:geoemin@emin.cl)  
Fono (56-2) 299 8001 - Fax (56-2) 206 6468

Vivienda ubicada en Chicureo y que posee aislación sísmica. Esta incluye aisladores sísmicos (1) y apoyos deslizantes (2).



1



2

■ **Muelle para contenedores del puerto de Coronel (2009):**

Ubicado en la VIII Región, a 30 km de Concepción, el muelle sur de Coronel fue diseñado por la empresa Sirve S.A. (PUC), quienes entregaron una solución sísmica innovadora para el diseño de un muelle para el atraque de buques porta-contenedores, que es resistida mediante pilotes verticales y pilotes inclinados aislados sísmicamente. Éstos últimos forman mesas sobre las cuales se disponen cuatro aisladores sísmicos. En total se instalaron 96 sobre 24 mesas independientes. Los aisladores de tipo elastoméricos con núcleo de plomo miden 70 cm de diámetro y 24 cm de altura. Para estos dispositivos se utilizaron 27 capas de goma de 6 mm y 25 láminas de acero de 3 milímetros. De visita en la zona, tras el terremoto del 27 de febrero, el académico del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Standford, Eduardo Miranda, comenta lo siguiente: “Observé y medí que en la parte aislada del muelle hubo un desplazamiento de 24 cm, lo que es bastante. Esto se produjo porque el muelle contiguo, que no está aislado sísmicamente, chocó

con éste. De todas formas, el muelle siguió funcionando”, asegura el académico. Lo único que sucedió, dice Miranda, es que una de las grúas que estaba cargando un contenedor en el momento que ocurrió el terremoto, tuvo un problema con uno de sus cables. “En todos los sismos de esta magnitud las grúas de 80 ton se descarrilan y tienen problemas y un puerto que queda sin grúas deja de funcionar teniendo pérdidas millonarias. El muelle de Coronel es un caso llamativo para analizar, ya que es un proyecto que logró continuidad de operación con una solución única usando pilotes verticales en paralelo con aisladores”, concluye el profesional.

■ **Vivienda aislada sísmicamente (2009):**

En el sector de Chicureo, la empresa Constructora Pilasi y Cía S.A. construyó una vivienda unifamiliar que cuenta con aislación sísmica. El proyecto estuvo a cargo de all\* (Arquitectos Lagos y Luders), en conjunto con la empresa de ingeniería Sirve S.A. La losa de

la casa está apoyada en elementos tipo bielas y en dos aisladores sísmicos de 42 cm de diámetro y 24 cm de altura desarrollados por la empresa Vulco S.A. Sobre los apoyos se ejecuta la losa de hormigón armado, la que se montó en obra en base a elementos prefabricados de hormigón, vigas, nudos y losas. “Nuestra casa prototipo se comportó perfecto frente al sismo del 27 de febrero en una zona donde el terremoto causó varios daños en las viviendas”, asegura a Revista BIT, Sebastián Luders, de la oficina de arquitectos all\* y dueño de la vivienda.

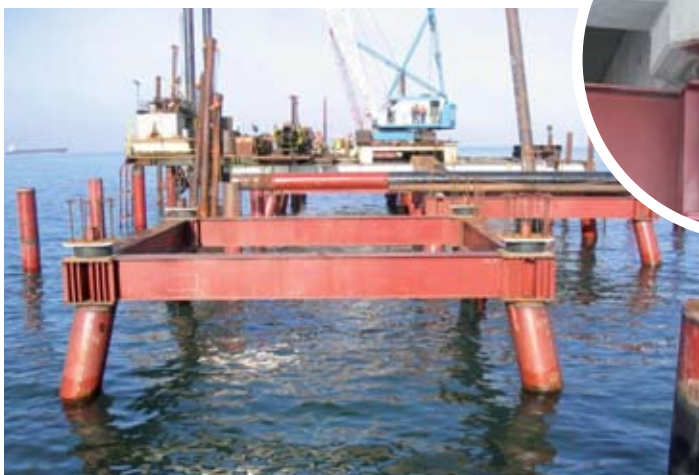
El aislamiento sísmico cubre el rango de estructuras de baja a mediana altura (máximo 12 pisos) y una gama importante de estructuras civiles como puentes y muelles. Para estructuras de edificación, civiles o industriales más altas y preferentemente flexibles se utilizan los sistemas de disipación de energía.

**DISIPACIÓN DE ENERGÍA**

Los disipadores apuntan a absorber por distintos medios la energía vibratoria introducida a la estructura por el movimiento sísmico. Hay distintas formas como la fluencia de metales, la fricción, la disipación viscosa y viscoelástica. En las estructuras, los disipadores son colocados entre dos puntos que sufren una deformación relativa, aprovechándola para realizar un trabajo mecánico. La disipación de energía en estos sistemas reduce la acumulación de la demanda sobre la estruc-



El muelle para contenedores del puerto de Coronel cuenta con 96 aisladores sísmicos.



GENTILEZA PROW ALDUNATE Y VÁSQUEZ



En el edificio Parque Araucano, dos amortiguadores de masa sintonizada, cuelgan de la estructura mediante tensores, cuyos períodos de oscilación se ajustan.

## COMPARACIÓN

Tal como ocurrió en el edificio de la Comunidad Andalucía, hay dos casos adicionales donde se pudo observar y comparar el comportamiento de dos estructuras similares y cercanas, una de ellas aislada sísmicamente y la otra no. Se trata de la Clínica UC San Carlos de Apoquindo y el Hospital Militar. "En ambos casos, los edificios contiguos, que no estaban aislados, estructuralmente no tuvieron inconvenientes, sin embargo, tuvieron daños de contenidos mucho mayores que los sectores aislados sísmicamente", explica Juan Carlos de la Llera, académico de la Pontificia Universidad Católica de Chile, a cargo de los sistemas de aislación de ambos proyectos. En futuras ediciones se profundizará en este tema, al igual que en la aplicación de protección sísmica en edificios existentes.

tura debido a efectos de resonancia, protegiéndola del daño sísmico. A continuación, algunos casos concretos:

■ **Edificio Parque Araucano (2006):** El proyecto incorpora 2 amortiguadores de masa sintonizada (AMS o TMD en inglés) que consisten en un sistema pasivo de disipación de energía que funciona mediante una masa inercial conectada a la estructura en un punto determinado. Se denomina masa sintonizada, porque su frecuencia coincide con la fundamental del edificio. Con esta sintonía se consigue un efecto dinámico de reducción de las deformaciones relativas del edificio. Esto se

logra porque la masa se opone al movimiento del edificio y lo contrarresta parcialmente. Como son dos masas, ambas controlan otro fenómeno que es el de torsión. El edificio no solamente toma la vibración en una dirección sino que además se tuerce. Las dos masas se potencian y controlan dos tipos de movimientos: el de traslación y el de rotación respecto de un eje vertical. En el primero las dos funcionan sincrónicamente, y en el segundo actúan de forma opuesta, neutralizándose para reducir esta rotación. En el edificio Parque Araucano, las dos masas (ambas ubicadas en el piso 21), cuelgan de la estructura mediante

BIT 72 MAYO 2010 ■ 39

¡NUEVAS LINEAS!

**¡Vea Innovación, 2010!**

Stand 24-2 y 24-3

**EcO<sub>2</sub>O**  
NIBSA  
ECOLÓGICO

ISO 9001

CALIDAD Y RESPALDO

**Gilit**  
TECNICISTAS AGUAS

Soluciones TecnoAgua

- Fabricación CE

Antincrustante Caldera-Calefón    Equipo Ablandador Agua

**viEGA**

Sistema ProPress

- Fabricación Alemana
- 25 Años de uso en Europa
- Garantía 50 Años
- Ahorro de Tiempo
- Versatilidad
- Producto Seguro

**SLOAN**

Sistemas Control Agua

- Fabricación USA
- Fluxómetros wc y Urinario
- Garantía 10 Años
- Ahorro de Agua
- Producto Seguro

Tel.: 489 8100 - ventas@nibsa.com      [www.nibsa.com](http://www.nibsa.com)



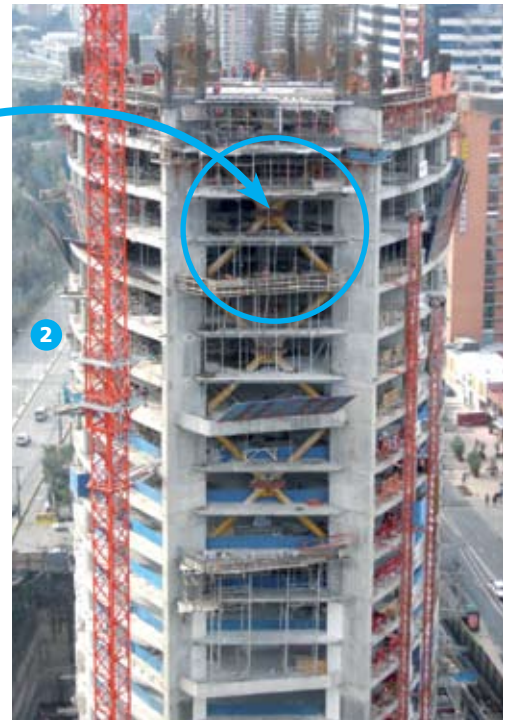
## NORMATIVA

Desde el 2003 existe la Norma Chilena de Aislación Sísmica (NCh2750f.2003). Para la disipación de energía en tanto, la Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica (Achisina), prepara un texto que cubrirá esta materia. “El capítulo sobre disipadores se ha ido modificando y simplificando y hoy tenemos listo el primer borrador”, explica Mauricio Sarrazin, académico de la Universidad de Chile y coordinador de esta iniciativa, quien agrega que estas normativas serán fundamentales para impulsar la protección sísmica, un tema que será cada vez más importante ya que evita que se afecten los contenidos y los elementos secundarios de las edificaciones.

**1. Detalle de los disipadores de Titanium La Portada. Éstos se instalaron en el encuentro entre dos diagonales que abarcan 3 pisos de altura.**

**2. Etapa de construcción del edificio Titanium La Portada, rascacielos que cuenta con 25 disipadores de energía.**

**3. Estado actual de los dispositivos. Los especialistas aseguran que no es necesario cambiarlos tras el terremoto del 27 de febrero.**



tensores, cuyos períodos de oscilación se ajustan. La iniciativa estuvo impulsada por las empresas Sirve S.A., VMB Ingeniería Estructural, la Constructora Ignacio Hurtado y la empresa Inmobiliaria Proyecta Desarrollo y Gestión. “Nuestra oficina está ubicada en este edificio, por lo que pudimos observar y comprobar que tras el terremoto, la masa sintonizada funcionó tal como estaba previsto que funcionara”, relata Juan Carlos de la Llera, académico de la Pontificia Universidad Católica de Chile y experto en modelamiento estructural y sistemas de reducción de vibraciones.

■ **Titanium La Portada (2009):** El rascacielos de 52 pisos y 194 m de altura incorpora en total 25 disipadores de energía. 13 de ellos están ubicados en el sector que da hacia el poniente y 12 disipadores en el eje oriente. Se instalaron individualmente en el encuentro entre dos diagonales que abarcan tres pisos de altura, conformando 7 módulos en la dirección del arriostre y 2 módulos en la dirección perpendicular. También se instaló una serie de disipadores en dirección longitudinal del edificio en el sector del núcleo, en la caja de elevadores. El objetivo de estos disipadores es reducir la demanda de deformación y esfuerzos, mediante el aumento del amortiguamiento estructural. Estos dispositivos

fueron desarrollados y ensayados en la Universidad Católica y propuestos por la empresa Sirve S.A, quienes trabajaron junto al ingeniero Alfonso Larraín, profesional a cargo del cálculo estructural de Titanium y quien asegura que tras el terremoto, el edificio se comportó de acuerdo a lo proyectado y respondiendo positivamente. “Titanium la Portada cuenta con un núcleo de muros importantes en toda la zona de los ascensores y la caja escala, lo que lo hace ser una estructura especialmente sólida. Además, el contar con amortiguadores sirvió para que las deformaciones fueran menores y por lo tanto los elementos secundarios no sufrieran daños”, explica Larraín.

Los especialistas aseguran que tras el terremoto y aunque todavía faltan algunas investigaciones, las edificaciones que cuentan con estos sistemas de protección sísmica se com-

portaron de acuerdo a los esperado. “En el caso de los aisladores sísmicos protegen las estructuras reduciendo su vibración lateral en valores del orden de 6 a 8 veces. Con disipadores, las reducciones varían típicamente entre un 30 y un 50%, reduciendo sustancialmente los incursiones inelásticas (daño) de la estructura”, explica Juan Carlos de la Llera. Para el ingeniero civil estructural, Rodrigo Mujica, este sismo impulsará con más fuerza una segunda generación de edificaciones. “Tenemos que ser capaces de construir edificios que eviten las incomodidades y los costos que significan los terremotos y para eso los sistemas de amortiguación y disipación constituyen una alternativa que se va a ir introduciendo y será de menor costo”. Se trata de una tendencia mundial, concuerdan los especialistas, que reforzada por los acontecimientos, se moverá y fuerte. ■

# LE DAMOS BASE A TUS PROYECTOS

- PILOTES PRE-EXCAVADOS
- PILOTES HÉLICE CONTINUA (CFA)
- MUROS PANTALLA
- MICROPILOTES
- ANCLAJES
- INYECCIONES
- SOIL NAILING
- MURO BERLINÉS
- ENSAYOS DE CARGA

Av. Alonso de Córdova 5151 of. 1401  
Las Condes, Santiago, Chile  
[www.terratest.cl](http://www.terratest.cl)



## ANTOLIN CISTERNAS Y CIA S.A.

PRESENTES EN LA CONSTRUCCIÓN, ENERGÍA Y MINERÍA



**SOSTENIMIENTO DE TALUDES**



**CAMIONES ALJIBE**



**EXCAVACIONES ABIERTAS EN ROCA**



**MINERÍA SUBTERRÁNEA**

### OBRAS

- Minería subterránea
- Excavaciones abiertas en roca
- Sostenimiento de taludes
- Hormigón proyectado
- Colectores aguas lluvia
- Obras metro subterráneo
- Obras civiles

### ARRIENDOS

- Compresores (presión normal y alta presión)
- Grupos electrógenos
- Scoop
- Mixer bajo perfil
- Robot shotcrete
- Dumper
- Jumbos
- Shotcreteras
- Torres de iluminación
- Truck drill hidráulicos
- Camiones aljibe
- Unidades esparcidoras de sal
- Camiones tolva

# CHILE Y AMERICA: POR UN FUTURO MEJOR

## SEMANA DE LA CONSTRUCCION 2010



11 - 15 MAYO

- Asamblea General de Socios CChC
- Seminario Innovación y Desastres Naturales
- Seminario Innovación Competitiva
- Seminario Innovación Financiera
- Desayuno de Empresarios de la Construcción de América
- Ferias Edifica - Expo Hormigón ICH 2010
- Charlas y Demostraciones Técnicas
- 5to. Encuentro Construcción Universidad
- Cena de la Construcción de América
- Concierto de Conmemoración Bicentenario de Chile  
FIIC - 50 años Construyendo América



www.semanadelaconstruccion.cl  
Información e Inscripción: (02) 7146111 / cchc@publmail.com

Auspician





Soluciones y aspectos relevantes para una techumbre moderna

# Una mirada de expertos

## TEJAS DE CHENA: LÍDER EN SOLUCIONES DE CUBIERTAS

Tejas de Chena, empresa perteneciente al Grupo Pizarreño -líder en la industria de materiales de construcción- está dedicada a la fabricación y comercialización de tejas desde 1981, alcanzando un claro liderazgo en el mercado y un importante posicionamiento en las grandes empresas constructoras.

La fabricación de tejas de hormigón se rige bajo un estricto sistema de control de calidad, utilizando tecnología de última generación, un moderno sistema de control de procesos y una rigurosa selección de las mejores materias primas, asegurando así la más alta y homogénea calidad en sus productos (NCh 2010 y NCh 2040 1 y 2), haciendo de esta teja un elemento resistente, impermeable e incombustible. Conocidas también como las “tejas de chena”, éstas son elaboradas en tres distintos formatos: Colonial, Europa y Altiplana, abarcando una

amplia gama de diseños y tonalidades que las hace compatibles con los más diversos estilos arquitectónicos.

## ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN DE UNA CUBIERTA

Es importante considerar diversos aspectos al momento de estudiar y ver alternativas en la elección de la cubierta, es así como las techumbres son fundamentales en cualquier vivienda, ya que colaboran con la estructura, belleza y protección de la construcción, además, son relevantes en la seguridad y comodidad del hogar, lo que influye directamente en la calidad de vida de las personas.

Existen diversos aspectos tanto técnicos, físicos como estéticos al hacer la elección de una techumbre, tales como:

- Fácil Instalación
- Variedad de diseños y formatos
- Impermeabilidad
- Incombustibilidad
- Resistencia a la flexión
- Solución que ayude a una apropiada ventilación
- Baja conductividad térmica
- Alta aislación acústica

## TEJAS DE HORMIGÓN: UNA EXCELENTE ALTERNATIVA PARA UN MEJOR CONFORT EN LA VIVIENDA

Con el objetivo de entregar al mercado una alternativa acorde a las necesidades de una techumbre moderna, se han realizado distintos ensayos respecto a la teja de hormigón en diversos laboratorios como IDIEM y DICTUC, alcanzando favorables resultados en dichas pruebas.

Los ensayos han arrojado que la teja de hormigón, en sus 3 formatos, es impermeable, de muy baja absorción de agua y de gran resistencia a la flexión (DICTUC. Certificado N° 450034, 457648 y 457649). Por otro lado, su fácil y rápida instalación en conjunto con su eficiente transmisión de cargas por toda la cobertura, hacen que esta solución sea altamente utilizada en la construcción.

El sistema de ensamblaje no es menor. Cumpliendo con la condición de amarre entre las costaneras y la teja de forma óptima, es un sistema práctico que a la vez permite la ventilación por el sector de las cumbreras, traslapos y tapan-

canes, generando que las masas de aire ingresen, circulen y salgan del entretecho con mayor fluidez y sin ningún tipo de inconveniente, evitando la hermeticidad de la vivienda.

Aspectos importantes como la baja conductividad térmica de la teja de hormigón (IDIEM. Certificado de Ensaye N° 166.349) hacen altamente atractiva a ésta como solución para una techumbre.

Por otra parte, la incombustibilidad de la teja es otra gran ventaja. Un estudio a cargo del IDIEM arrojó resultados positivos. La solución cumplió con su función estructural, no hubo emisión de gases inflamables y ésta se mantuvo estanca hasta el fin del ensayo. La temperatura máxima admisible de 200 °C en la cara no expuesta al fuego se produjo a los 28 minutos, en ese instante la temperatura promedio era de 112°C. La resistencia al fuego fue de 28 minutos obteniendo con esto la clasificación F15 a 2 minutos de obtener la clasificación F30. (IDIEM. Certificado de Ensaye N° 544.109 SHA 720 / RF / 2009)

Frente a este panorama, la teja de hormigón es una excelente solución para las techumbres, ya que logra hacer más agradable y segura la estancia en el interior de la vivienda, aportando al confort de las personas.

