

• COMISION DE ALBAÑILERIA
• GRUPO TECNICO TRATAMIENTOS

**EFFECTO DEL AGUA LLUVIA EN
MUROS DE ALBAÑILERIA Y
PROBLEMAS DE HUMEDAD EN
ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS**

Agosto 1998

3.893
HC
72



CORPORACION DE INVESTIGACION DE LA CONSTRUCCION

LA CORPORACION DE INVESTIGACION DE LA CONSTRUCCION
AGRADECE LA COLABORACION DE LAS SIGUIENTES EMPRESAS
EN LA PUBLICACION DE ESTE DOCUMENTO TECNICO

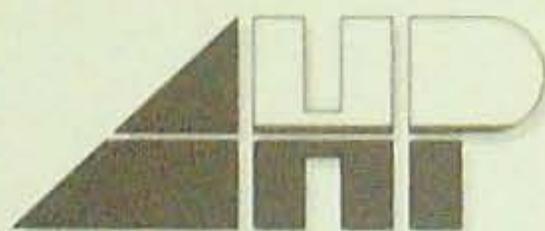
BASF



Tecnología Alemana a su servicio



TH. GOLDSCHMIDT AG



ASOCIACION
CHILENA
DEL
HORMIGON
PREFABICADO A.G.

ASOCIACION
DE FABRICANTES
DE CERAMICA ROJA



693.893
CCAC
e. 172
c. 1

**CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL
EFECTO DEL AGUA LLUVIA EN LOS
MUROS DE ALBAÑILERIA**

Comisión de Albañilería

**RECOMENDACIONES PARA LA
PREVENCION Y CONTROL DE
PROBLEMAS DE HUMEDAD EN
ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS**

Grupo Técnico Tratamientos

-07819-

**CAMARA CHILENA DE
LA CONSTRUCCION
Centro Documentación**



PRESENTACION

Este libro es una compilación de dos estudios que tienen por propósito entregar, al sector construcción, un documento técnico referido a conceptos generales y recomendaciones que sirvan de referencia para la prevención y control de los efectos de las aguas lluvia y humedad en los muros de albañilería. El objetivo es generar una base técnica de referencia que permita unificar conocimientos generales y sentar las bases para una discusión efectiva en estas materias.

El libro incluye los documentos técnicos "*Conceptos Generales sobre el Efecto del Agua Lluvia en los Muros de Albañilería*" y "*Recomendaciones para la Prevención y Control de Problemas de Humedad en Elementos Constructivos*".

El primero de ellos, desarrollado por la Comisión de Albañilería, está destinado a analizar los efectos de la lluvia en los muros de albañilería en viviendas, con la finalidad de efectuar un análisis de los parámetros que condicionan su comportamiento frente a la solicitación de lluvia y proponer medidas que aumenten la confiabilidad de las viviendas frente a ella.

El segundo documento, elaborado por el Grupo Técnico Tratamientos, tiene por finalidad entregar consideraciones y recomendaciones técnicas, en cuanto a productos y tratamientos destinados a la prevención y control de problemas de humedad en elementos constructivos, con especial énfasis en paramentos de albañilería.

Ambos esfuerzos, de incalculable valor para quienes laboran en el sector de la construcción, fueron realizados como parte del *Sistema de Generación de Documentos Técnicos Normativos Sectoriales*, donde expertos del sector público y privado, profesionales y académicos, se reúnen con el objetivo de cooperar con el desarrollo tecnológico de nuestro sector y mejorar así la calidad de vida de las personas.

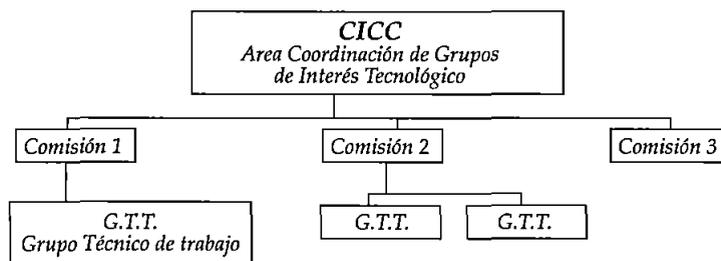
Queremos agradecer el valioso aporte, compromiso y trabajo desinteresado, de todas aquellas personas, empresas e instituciones que han participado activamente en la materialización de este proyecto, quienes representan, sin duda alguna, el alma y cuerpo que permitió el éxito de este desafío conjunto.

Muy especialmente, nuestros agradecimientos a don Hernán Zabaleta, a quien se le encargó el documento elaborado por la Comisión de Albañilería y al Instituto Chileno del Cemento, quienes financiaron este estudio. Del mismo modo, nuestra gratitud a los Srs. Ricardo Biesler, Augusto Figueroa, Ricardo Gevert y Héctor Palma, quienes desarrollaron el documento del Grupo Técnico Tratamientos.

SISTEMA DE GENERACIÓN DE DOCUMENTOS TÉCNICOS NORMATIVOS SECTORIALES

La Corporación de Investigación de la Construcción, creada por la Cámara Chilena de la Construcción en 1989, ha recibido el encargo de promover el desarrollo de documentación técnica sectorial, que incluye códigos de práctica, especificaciones, recomendaciones y propuestas normativas sobre aplicaciones, productos, sistemas y elementos que forman parte de la actividad de la construcción. Esta documentación debe servir de base de consulta de constructores, usuarios, industriales, proveedores, contratistas, mandantes o cualquier persona relacionada con actividades relacionadas con la construcción.

Para realizar el trabajo antes enunciado se requiere el compromiso de empresas representativas en cada actividad específica. De esta forma se ha definido que la mejor forma de llevar adelante este desafío es mediante la organización de Comisiones Técnicas y Grupos de Técnicos de Trabajo.



Una Comisión Técnica está conformada por expertos en diversas materias sectoriales. En este sentido, la creación de una Comisión Técnica obedece a la necesidad de difundir aspectos técnicos de temas relacionados con partidas generales, por ejemplo, albañilería, diseño de pavimentos, revestimientos de interiores, techumbres, instalaciones y otros. Será responsabilidad de cada comisión definir aquellos aspectos generales que debe satisfacer la documentación técnica relacionada con el tema, compatibilizar en trabajo de los diferentes grupos técnicos y servir de referente externo al conjunto de antecedentes que se documentarán; la Comisión debiera definir los requerimientos de comportamiento sobre procesos y sistemas constructivos macros, tales como muros, techumbres, pavimentos y otros.

Un Grupo Técnico está conformado por representantes de empresas relacionadas directamente con una aplicación de materiales en forma específica, por ejemplo habrá un GTT de Tratamientos, otro para papel mural, pinturas, entre otros. La creación de un GTT puede deberse a dos iniciativas: solicitud directa de un grupo de empresas o solicitud de la Comisión Técnica relacionada al tema.

OBJETIVO

Contribuir al desarrollo tecnológico sectorial:

- I. Identificando necesidades técnicas normativas
- II. Priorizando materias inherentes a las necesidades identificadas
- III. Editando documentación técnica de carácter normativo sectorial que:
 - Sirva como material de consulta a constructores, usuarios, industriales, proveedores, contratistas, mandantes o cualquier persona relacionada con actividades relacionadas con la construcción.
 - Constituya la base de opinión sectorial en el proceso de generación, revisión y actualización de normas.

Uno de los objetivos fundamentales de las Comisiones y GTT es la difusión de los resultados, los cuales tienen el consenso de los miembros al interior de estos. Los documentos técnicos no pretenden ser una normativa ni una obligación a seguir, sino que, muchas veces, son recomendaciones a la comunidad técnica en general y a las instituciones públicas del Estado, en su carácter de organismos fiscalizadores y reguladores.

COMISION DE ALBAÑILERIA

El 6 de agosto de 1997, la Corporación de Investigación, en nombre de la Cámara Chilena de la Construcción, invita a un conjunto reconocido de expertos, a conversar sobre los problemas y desafíos en cuanto al diseño y construcción de paramentos de albañilería, con énfasis en los requerimientos de habitabilidad que se les debía exigir. Producto de esta reunión, se crea la Comisión de Albañilería, que sesiona oficialmente por primera vez el 13 de agosto de 1997.

El objetivo general de la Comisión fue :

Analizar el comportamiento de los elementos de la albañilería que afectan la habitabilidad, con énfasis en los aspectos de Humedad y Comportamiento Térmico.

Asimismo, se definió que el Primer Objetivo Específico de la Comisión es :

Proponer recomendaciones para el manejo integral de la humedad en muros de albañilería

En relación a este objetivo, se identificaron que las fuentes de humedad relevantes eran la humedad del suelo, la humedad asociada a la construcción, la humedad accidental, la humedad por condensación superficial e intersticial y la humedad producto de la infiltración de aguas lluvias.

Finalmente, con el propósito de acotar esfuerzos de la Comisión y en virtud de lograr resultados de corto y mediano plazo, se acordó abordar, de manera secuencial, cada una de las distintas fuentes de humedad identificadas, comenzando así por la humedad asociada a las aguas lluvias. Además, se acordó que el segundo tema a abordar por la Comisión sea lo relativo al problema de la humedad interior por condensación.

La metodología general de trabajo ha consistido en definir los estudios que se desea desarrollar, proponer en detalle el temario y alcance del estudio, identificar vías de financiamiento, encargar el estudio a través de una propuesta privada por invitación, revisar y entregar sugerencias sobre los informes de avance e informe final. Por último colaborar en la edición, publicación y difusión de los resultados del estudio, aprobados y recomendados por la Comisión, de una forma masiva.

El estudio *Conceptos Generales sobre el Efecto del Agua Lluvia en los Muros de Albañilería* que se presenta en este libro, incluye una caracterización de la sollicitación de humedad en muros de albañilería derivada de aguas lluvias, análisis de los principales ensayos existentes y un conjunto de definiciones sobre requisitos preliminares a los paramentos de albañilería.

La Comisión los invita a participar activamente en este proyecto, haciendo llegar sus comentarios, experiencias y sugerencias en relación a las materias aquí tratadas, de modo de continuar perfeccionando este primer esfuerzo.

Integrantes Comisión de Albañilería

Presidente

Ramón SCHMIDT

ICAFAL - INGEVEC

Secretario Ejecutivo

Juan Carlos LEON

CORPORACION DE
INVESTIGACION DE LA
CONSTRUCCION

Andrés SOLAS

DECON

Daniel SUNICO

MINVU - DITEC

Francisco Javier ESPINOZA

GRAU

Federico DELFIN

IDIEM

Héctor PALMA

POLCHEM

Hernán ZABALETA

CONSULTOR

Juan Carlos VALDIVIA

MULTICRET

José Manuel LARRAIN

COPEVA

José Miguel PASCUAL

DICTUC S.A.

Michael AHLERS

CERAMICAS SANTIAGO

Mauricio CEPEDA

INDUSTRIAS PRINCESA

Patricio VALENZUELA

HORMISUR INEIN

Sergio ROJAS

CONSULTOR

Augusto HOLMBERG

INSTITUTO CHILENO DEL

CEMENTO Y DEL HORMIGON

GRUPO TECNICO TRATAMIENTOS

Sesiona por primera vez el 17 de abril de 1998, a partir de la iniciativa de un conjunto de personas de la Comisión de Albañilería, con el propósito de:

Generar documentación técnica, a modo de recomendación, que defina especificaciones técnicas, características físico-químicas, aplicaciones, ensayos, tolerancias y controles en cada una de las distintas familias de productos para tratamientos, tanto los que se incorporan a la masa como los superficiales.

Cabe destacar que la familia de productos correspondientes a Pinturas y Barnices impermeabilizantes no fueron analizados por este grupo de trabajo, quedando destinada esta materia a un grupo de trabajo específico de pinturas.

El documento generado por este grupo, fue contrastado con el documento de la Comisión de Albañilería, de manera de entregar una recomendación coherente con el trabajo emanado por esta Comisión.

Integrantes Comisión de albañilería

Ricardo BIESLER
Augusto FIGUEROA
Ricardo GEVERT
Héctor PALMA
Daniel SUNICO
Augusto HOLMBERG

BASF
HENKEL
GEVERT & REINHARDT
POLCHEM
MINVU
INSTITUTO CHILENO DEL
CEMENTO Y HORMIGON

Secretario Ejecutivo
Juan Carlos LEON

CORPORACION DE
INVESTIGACION DE LA
CONSTRUCCION

*CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL
EFECTO DEL AGUA LLUVIA EN LOS
MUROS DE ALBAÑILERIA*

COMISION DE ALBAÑILERIA

TABLA DE CONTENIDOS

Capítulo 1

<i>Caracterización de la sollicitación de humedad derivada de aguas lluvias</i>	1
<i>Mecanismos para la infiltración de aguas lluvias</i>	2
<i>Conclusiones del Capítulo 1</i>	6

Capitulo 2

<i>Ensayos para verificar la impermeabilidad de una albañilería aparente.</i>	8
<i>Conceptos generales</i>	8
<i>Proposición de ensayos de control</i>	8
<i>Descripción y metodología de aplicación de los ensayos.</i>	10
<i>Conclusiones del Capítulo 2</i>	16

Capitulo 3

<i>Consideraciones de diseño</i>	19
<i>Conceptos generales</i>	19
<i>Consideración en el diseño arquitectónico</i>	19
<i>Consideración en el diseño de las unidades de albañilería.</i>	22

<i>Consideración en el diseño estructural</i>	23
<i>Criterio de clasificación</i>	
<i>de la Norma P 10 - 202- 3</i>	24
<i>Análisis preliminar de una zonificación</i>	
<i>climática chilena</i>	29
<i>Proposición de una zonificación de viviendas</i>	31
<i>Estudio auspiciado por el Convenio OEA</i>	
<i>de Vivienda Popular</i>	32
<i>Conclusiones del Capítulo 3</i>	34

Bibliografía

NORMAS Y ESPECIFICACIONES

TEXTOS

INFORMES

Introducción

Este texto ha sido preparado para la Comisión de Albañilerías de la Cámara de la Construcción y forma parte de un estudio que abarca los efectos generales de la humedad en las viviendas.

Está destinado a analizar los efectos de la lluvia en los muros de albañilería de las viviendas y tiene por objeto realizar un análisis de los parámetros que condicionan el comportamiento de las albañilerías frente a esa sollicitación, de manera de poder proponer medidas que permitan controlarlos y mantenerlos dentro de niveles apropiados, para así aumentar la seguridad y la comodidad de las viviendas.

Para este objeto, se efectúa en primer término un análisis conceptual, destinado a estimar la magnitud aproximada de la influencia de los principales factores.

De este análisis surgen cuales son los parámetros de mayor significación, su importancia relativa y, en consecuencia, cuales de ellos deben ser sometidos a control para asegurar que se mantienen dentro de límites aceptables.

En segundo término, se analiza como esta materia es enfrentada en otros países, a través de una revisión de la normalización existente. De la comparación entre ambos análisis surgen las medidas que deberían aplicarse para lograr el objetivo propuesto.

Finalmente, se proponen formas para la consideración de la sollicitación de lluvia en el diseño de las viviendas, primero en relación con cada una de las especialidades que intervienen en el diseño: arquitectura, estructuras e industrial (producción de las unidades de albañilería).

Posteriormente, se efectúa proposiciones para su consideración global en el diseño de los muros de albañilería, a través de una zonificación climática del país, relacionada con los sistemas constructivos más apropiados para cada una de ellas.

Capítulo 1

1

Caracterización de la solicitación de humedad derivada de aguas lluvias

Conceptos generales

Es recomendable mantener el nivel de humedad en las habitaciones dentro de ciertos límites razonables, pues de lo contrario pueden generarse efectos indeseables y costos adicionales de mantención, tales como:

- problemas de salud o incomodidad en las personas
- daños en las pinturas, papeles y recubrimientos en general
- menor durabilidad de las viviendas
- generación de procesos orgánicos (moho, hongos u otros)
- eflorescencias en muros y pisos

La humedad puede tener diferentes orígenes:

- a) desde el exterior de la vivienda por:
 - infiltración de aguas lluvias a través de los muros exteriores
 - fallas en los sistemas de conducción de agua (canaletas, bajadas de agua, aleros etc.)
 - ascenso del agua existente en el suelo a través de muros y pisos
- b) desde el interior de la vivienda por condensación del vapor de agua producido en las actividades
- c) desde los muros de la vivienda al evaporarse y condensarse la humedad acumulada en los materiales de construcción de la vivienda

De estos orígenes, las estadísticas establecen que los que presentan una mayor magnitud y frecuencia de ocurrencia son los correspondientes a infiltración de aguas lluvias.

A título informativo, la Asociación Brasileña de la Construcción Industrializada indica que, en Brasil, los problemas de humedad provienen:

- en un 60% de infiltración por lluvia
- el 15% por el ascenso capilar de la humedad del suelo
- el 10% por condensación de humedad
- un 15% por las restantes causas (humedad de construcción

y fallas de los sistemas de conducción de agua)

En los párrafos que siguen se analizará más detalladamente los mecanismos que generan la producción de humedad en el interior de las viviendas debido a la primera de estas causas, la infiltración de agua de lluvia.

Mecanismos para la infiltración de aguas lluvias

Conceptos Generales

El análisis teórico del mecanismo que rige la infiltración de aguas lluvias en un muro de albañilería es bastante complejo, pues la estructura interna de los materiales de construcción empleados es muy heterogénea.

Además, existe gran incertidumbre para la aplicación de las fórmulas físicas relacionadas, debido a que los valores de los parámetros que intervienen en las expresiones de estos procesos no han sido investigados.

Sin embargo, la aplicación de esas expresiones a casos aproximados y simples es interesante, pues de ella puede deducirse el orden de magnitud de los efectos que se generan y de allí las medidas a tomar para combatir estos efectos y su posible eficiencia.

Este análisis se efectuará para muros constituidos por unidades de albañilería sin recubrimiento para evaluar el orden de magnitud de los efectos producidos.

La aplicación de recubrimientos se considerará como una de las posibles medidas correctivas de la situación.

En el proceso de ingreso de aguas lluvias al interior de una vivienda debe distinguirse si la lluvia se produce sin o con viento, pues el mecanismo de la solicitación es diferente.

En los párrafos que siguen se efectuará este análisis por separado para cada una de estas situaciones.

Análisis de la infiltración de lluvia sin viento

Al no existir viento, la lluvia tiende a escurrir como una película sobre la superficie del muro, penetrando al interior porque las unidades de albañilería y del mortero que lo componen absorben parte del agua.

La absorción de agua por la albañilería se produce por efecto del fenómeno designado capilaridad.

La capilaridad es un proceso físico que se produce en todos los

casos en que existe una superficie de contacto entre fases distintas (sólida, líquida y gaseosa) en un tubo o conducto y su origen proviene de una fuerza molecular, designada como tensión superficial.

Cuando estas fases están constituidas por agua y aire, como sucede en los poros de las albañilerías, puede demostrarse que el líquido tiende a avanzar en el gas, siendo posible determinar la distancia y la velocidad de avance mediante fórmulas en que intervienen:

- las propiedades físicas del agua (densidad, viscosidad, tensión superficial)
- el ángulo de adherencia entre agua y la pared del conducto
- el diámetro y la inclinación del conducto

Si bien las fórmulas que relacionan estos parámetros son simples, el problema de su aplicación reside en la constitución variable de las albañilerías en lo que concierne a la distribución de diámetros de los capilares y de su orientación y al valor exacto del ángulo de adherencia.

Sin embargo, a través de algunos casos simplificados es posible obtener antecedentes que permiten evaluar la magnitud de los efectos que pueden producirse.

Estas fórmulas demuestran que la distancia alcanzada en el conducto y la velocidad con que el líquido se mueve son mayores mientras menor sea el diámetro del conducto.

Para este objeto, en la figura 1/1 siguiente se representa la influencia del diámetro del conducto sobre la altura que alcanza el agua en un tubo capilar vertical.

Como puede verse, la altura disminuye fuertemente con el aumento del diámetro, de manera que ya para diámetros inferiores a 0.1 mm es muy reducida.

Puede demostrarse también que la altura capilar alcanzada es independiente de la inclinación del tubo capilar, de manera que el agua avanzará una distancia a lo largo del conducto que dependerá de dicha inclinación.

Por este motivo, tubos capilares con una inclinación cercana a la horizontal podrán transportar el agua a distancias importantes.

Por otra parte, el caudal transportado por el capilar aumentará con su diámetro, en la forma que se señala en la figura 1/2.

Esta figura muestra que los gastos individuales por capilar empiezan a ser significativos a partir de diámetros de 0.25 mm, llegando a valores importantes para los capilares de diámetros de 0.5 mm.

Para evaluar el significado de este resultado, debe considerarse que el valor calculado para el último diámetro representa un caudal acumulado similar al aportado por una lluvia de 5 mm/h para una densidad de 280 capilares por metro cuadrado. Esta densidad de capilares es equivalente a una porosidad de 0.1%, es decir susceptible de producirse con relativa facilidad en una construcción.

Si bien ellos representan una imagen muy simplificada del proceso real, de todos estos antecedentes puede deducirse la importancia que tiene la calidad de fabricación de las unidades de albañilería y de la ejecución de la obra.

En particular esta última resulta especialmente importante, pues una colocación deficiente de las unidades de albañilería conduce necesariamente a la producción de conductos capilares horizontales, de mayor diámetro mientras mayores sean las deficiencias relacionadas con la calidad del mortero de junta y de las técnicas de colocación.

Estos resultados son concordantes con los obtenidos en experiencia realizadas en el Instituto Torroja, de España, con muros de albañilería de ladrillo, las cuales demostraron que su saturación total por capilaridad se producía en tiempos comprendidos entre 2 y 48 horas, si existía un aporte suficiente de agua para ello.

Esas mismas experiencias indican que este tipo de vías se produce con mayor frecuencia debido a una mala adherencia del mortero de junta a las unidades de albañilería, especialmente en las juntas verticales.

Ello confirma la importancia de una buena ejecución de la construcción, aspecto que, sin duda, constituye el de mayor trascendencia para lograr una buena resistencia al paso del agua de los muros de albañilería.

Situación de lluvia con viento

Si la lluvia va acompañada de viento, adicionalmente al efecto de la capilaridad se genera una presión del agua sobre el muro.

Esta presión depende de la velocidad del viento y puede calcularse mediante las fórmulas empleadas para determinar las solicitaciones por viento sobre estructuras.

Una de ellas es la relación establecida por el investigador inglés C.F. Marvin:

$$\text{presión [mm H}_2\text{O]} = (\text{velocidad media del viento [km/h]})^2 / 130$$

Mediante esta expresión puede considerarse el efecto de la presión de viento sobre los flujos de agua, según se representa en la figura 1/3.

A pesar de que para estos valores rigen los mismos conceptos señalados anteriormente respecto de su precisión, ellos permiten analizar cualitativamente la influencia de la presión de viento sobre la admisión del agua de lluvia por parte de un muro de albañilería.

En base a los valores representados puede establecerse que esta influencia es baja cuando el diámetro de los capilares es pequeño, pero que, al aumentar éste, aumenta en forma importante.

Ello significa que la calidad de la ejecución es en este caso aún más importante que en el de la lluvia sin viento.

Los valores representados en las figuras 1/1, 1/2 y 1/3 constituyen cifras potenciales de ingreso de agua a través de un muro de albañilería, pues debe considerarse que el ingreso real dependerá de varios factores adicionales:

- de la magnitud del agua efectivamente aportada por la lluvia
- de la proporción de ésta que realmente llega a entrar en contacto con el muro
- de la distribución de diámetros y de la inclinación de los capilares en el muro

Además de lo anterior, debe considerarse que, cuando existe presión de agua, al efecto capilar se suma el efecto de la permeabilidad, la que está relacionada en forma importante con la densidad de conductos de diámetros mayores a 0.5 mm.

De esta manera, si bien para capilares de pequeño diámetro influye preponderantemente la capilaridad y para los de mayor diámetro es más significativa la permeabilidad, su conjunto produce un aumento significativo de la capacidad de conducción de agua.

A título de ejemplo, puede señalarse que un muro con una permeabilidad de 1.5×10^{-5} m/s para el muro, valor basado en antecedentes provenientes de mediciones efectuadas por IDIEM en la población El Volcán, sometido a una presión de viento correspondiente a una velocidad de 50 km /h puede permitir el paso de un caudal equivalente a una lluvia de 5 mm/h . Ello muestra la importancia relativa de la permeabilidad global del muro.

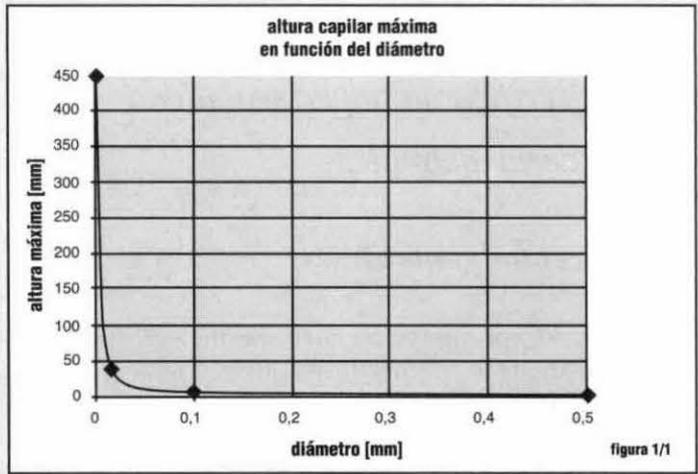
Conclusiones del Capítulo 1

El análisis efectuado, a pesar de las simplificaciones que posee, permite visualizar la influencia que tienen, sobre la infiltración de aguas lluvia a través de los muros de albañilería, los poros capilares y de mayor tamaño existentes en ella y del viento que ocasionalmente acompaña a la lluvia.

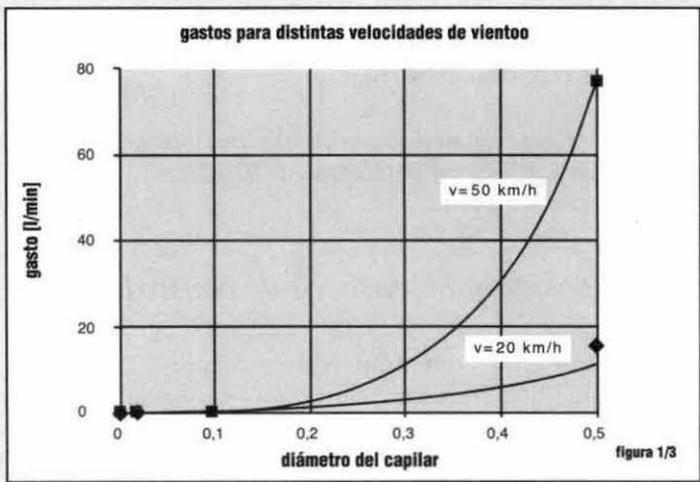
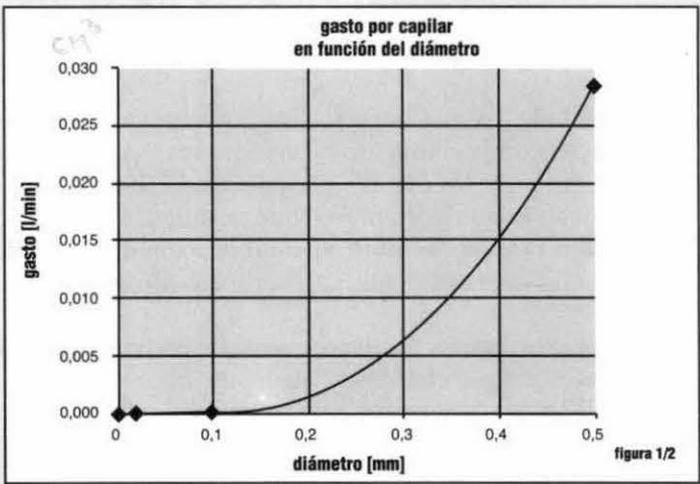
Los resultados obtenidos muestran que las magnitudes de las infiltraciones pueden ser de importancia según sean las características de los materiales constituyentes de las albañilerías y de la calidad de su construcción.

Estos antecedentes indican la conveniencia de disponer de métodos de verificación que permitan calificar estos parámetros y de límites de aceptación asociados a ellos, para establecer si los resultados obtenidos en las verificaciones son apropiados.

Estos aspectos se analizan en los Capítulos 2 y 3 siguientes.



0,001 lt
= 1 cm³



Capítulo 2

Ensayos para verificar la impermeabilidad de una albañilería aparente.

Conceptos generales.

En el Capítulo 1 se ha cuantificado en forma estimativa el comportamiento de los muros de albañilería frente a la solicitación que significa la lluvia.

Este análisis ha demostrado que, de acuerdo a la intensidad de la lluvia, a las dimensiones de los vacíos de tipo capilar y a la permeabilidad de las albañilerías, los caudales de agua susceptibles de ingresar a las viviendas pueden alcanzar magnitudes significativas, pudiendo causar daños e incomodidades importantes.

Tanto las experiencias realizadas en laboratorio, como la observación del comportamiento de viviendas en períodos de lluvias intensas, muestran que las dimensiones de los capilares y las características de permeabilidad de los muros que permiten estas situaciones extremas, pueden producirse tanto en la fabricación de las unidades de albañilería como, especialmente, en el proceso constructivo de los muros.

Por este motivo, resulta conveniente poder cuantificar la situación real en los aspectos señalados y, mediante los resultados de dichos controles, mantener los parámetros señalados dentro de límites aceptables.

En este Capítulo se plantean los posibles ensayos que podrían efectuarse para cumplir con este objetivo.

Para este objeto, se ha efectuado un análisis comparativo de las exigencias de las Normas chilenas con las de otras Normas extranjeras de prestigio sobre la materia.

De ellas se han deducido conclusiones generales y los ensayos que podrían utilizarse para calificar la situación, los cuales se exponen en el punto siguiente.

Proposición de ensayos de control.

La revisión comparativa efectuada de la literatura normativa nacional y extranjera indica que, en general, se han establecido pocas especificaciones respecto de las características específicas que deberían presentar las albañilerías para tener una adecuada resistencia a la penetración del agua.

Sin embargo, la literatura especializada sobre la materia reconoce que es un aspecto que causa numerosos problemas en las viviendas y que tiene incidencia sobre las condiciones de habitabilidad y elevados costos de mantención, que la hacen merecedora de mayores estudios.

Ello, con mayor razón, si se considera que la resistencia a la sollicitación de humedad está muy influenciada por las características de diseño, de los materiales constituyentes y de construcción de los muros de albañilería, como se ha demostrado en las verificaciones efectuadas en el Capítulo 1.

Considerando estos antecedentes y la situación de las necesidades habitacionales, especialmente de viviendas económicas, en nuestro país, si se desea trabajar en condiciones razonables de seguridad y costo, sería necesario disponer de algunos controles que midan las características de los materiales componentes y de las albañilerías.

Ello permitiría, adicionalmente, reunir experiencia en forma controlada sobre los parámetros que influyen en la seguridad frente a la sollicitación por humedad y, con ello, ajustar los requisitos necesarios, ya sea disminuyéndolos o agregando condiciones más restrictivas.

Para este objeto, de acuerdo a los conceptos analizados en el Capítulo 1, se deduce que los parámetros que deberían ser sometidos a medición son los siguientes:

- Capilaridad de las unidades de albañilería.
- Permeabilidad de las unidades de albañilería.
- Calidad del mortero de junta.
- Comportamiento hidráulico global del muro de albañilería.

Los tres primeros servirían como controles preventivos y su objetivo principal sería disponer de antecedentes para:

- evaluar la calidad de producción de las fábricas,
- servir como ensayos de recepción en obra de los suministros,
- asegurar que el mortero está en condiciones de cumplir adecuadamente su papel.

El último sería un control de calidad de la ejecución de la obra y, por lo tanto, constituiría un ensayo de aceptación final.

Los ensayos que se definan para ejecutar los controles señalados deberían presentar las siguientes características generales:

- Ser de ejecución simple.
- Medir los parámetros que definen el comportamiento de las albañilerías frente a la humedad.
- Dentro de lo posible, estar normalizados en nuestro país o en el exterior y disponerse de experiencia respecto de su ejecución.

La mencionada revisión de la literatura técnica existente en EEUU y Europa sobre ensayos de capilaridad, permeabilidad y comportamiento global del muro y la nacional para los morteros de junta, permite establecer la existencia de los siguientes tipos de ensayo que cumplen las premisas señaladas:

- Ensayo de capilaridad según AFNOR P 14 - 102 para la determinación de la capilaridad de las unidades.
- Ensayos de penetración de agua en muros de albañilería para analizar el comportamiento global del muro según ASTM E 514,
- ensayo con pipeta RILEM (Método de Karstens),
- ensayo por aspersión directa propuesto en el DTU 20.1 de AFNOR.

y, además:

- Código de Morteros, Especificaciones Técnicas Tipo y Manual de Buena Práctica en preparación por la Comisión de Tecnología del Hormigón de la Cámara de la Construcción, para la correcta ejecución de los morteros de junta.

La literatura revisada no indica la existencia de un método de ensayo para la permeabilidad de las unidades de albañilería, por lo que constituye una materia que debería ser estudiada y desarrollada.

En el punto siguiente se describen en forma resumida los ensayos mencionados y se propone un criterio para su aplicación, así como las materias a investigar para su mejor aplicación.

Descripción y metodología de aplicación de los ensayos.

Este punto incluye una descripción de los ensayos propuestos en el punto anterior y los criterios para su aplicación.

Cuando los ensayos no existen, se sugiere una metodología para desarrollarlos.

Ensayo de capilaridad según AFNOR P 14 - 102.

Este ensayo consiste en sumergir durante diez minutos en un recipiente con agua, hasta una profundidad de 5 mm, una de las caras frontales de la unidad de albañilería, secado previamente hasta peso constante, en la forma que se señala en la figura 2/1 anexa.

Después del tiempo de inmersión señalado, se determina por secado la masa de agua absorbida por la unidad de albañilería.

En base a esta masa se calcula el coeficiente de absorción C_b , mediante la expresión:

$$C_b = \frac{100 M}{S \cdot 10}$$

en la cual:

M = masa de agua absorbida por la unidad de albañilería en gramos
S = superficie de la cara sumergida en cm^2

La Norma AFNOR mencionada califica el comportamiento de una unidad de albañilería, de acuerdo al valor del coeficiente C_v , siendo aceptable si este índice es inferior a 5.

Este procedimiento puede ser empleado como base para los productos nacionales, desarrollando criterios de aceptación y rechazo adaptados a la magnitud de las producciones.

Ensayo de permeabilidad de unidades de albañilería.

Tal como se indicó anteriormente, el autor no ha podido encontrar un ensayo destinado a este objeto, por lo que deberá estudiarse la metodología respectiva.

En principio, se estima que para este ensayo podría adoptarse una disposición similar a la señalada en la figura 2/2 adjunta, el cual se utiliza para el control de permeabilidad de las tejas según NCh 189.

La unidad a ensayar se colocaría con la cara que va a quedar expuesta hacia arriba y ser sometido a una presión definida, estimada en principio en 1 cm, presión equivalente a la de un viento con velocidad de 35 km/h.

El agua que traspase sus paredes se recolectaría y mediría a través del agua agregada para mantener el nivel en el depósito de alimentación durante un lapso estimado en 10 minutos.

Ello permitirá establecer su coeficiente de permeabilidad.

Se estima que el valor de este coeficiente debería ser inferior a 10^{-6} m/s. para ser aceptable, considerando que:

- es un valor obtenible con los recursos que disponen los productores nacionales, empleando una tecnología apropiada,
- un valor mayor conduciría a caudales superiores a los aportados por una lluvia de intensidad de 5 mm/h, que se considera un límite aceptable por corresponder a una frecuencia de ocurrencia aproximadamente anual.

Ensayo de penetración de agua según ASTM E 514.

Tanto el equipamiento empleado como la metodología de ejecución se encuentran normalizadas en la mencionada Norma ASTM.

El ensayo consiste básicamente en inyectar agua a través del muro con un dispositivo como el señalado en la figura 2/3, pudiendo medirse la cantidad de agua infiltrada.

Este ensayo ha sido aplicado extensamente en la investigación de la impermeabilidad de los muros de albañilería frente a diversos factores, pero no existe información técnica sobre su empleo como método de control e incluso la misma Norma indica que el usuario de ella debe establecer la forma de su interpretación.

Sin embargo, el hecho de poder efectuar mediciones de la cantidad de agua infiltrada, simulando diferentes condiciones de lluvia sin o con viento permite visualizar su empleo como método de control.

Para este objeto será necesario previamente normalizar la forma de ejecución del ensayo, contrastándola con ensayos realizados preferentemente con el empleo de un túnel de viento.

Esta normalización debería incluir tanto la forma de ejecución del ensayo como la definición de los estándares de aceptación y rechazo.

En consecuencia su empleo requiere de un período de estudio previo y, por lo tanto, la destinación de los recursos correspondientes para su ejecución.

El empleo de este ensayo requiere también desarrollar formas prácticas para su aplicación en terreno, pues su implementación no es fácil, debido a los elementos que emplea y a la necesidad de lograr una absoluta estanqueidad del sitio en que se efectúa el ensayo.

Dentro de esta investigación debe darse especial consideración a la definición del sistema de apoyo y de estanqueidad, pues las cantidades de agua infiltradas a medir son, en general, pequeñas.

Las condiciones señaladas son fundamentales para lograr su aplicación en forma extensiva en una obra. Por este motivo, se estima que debe considerarse la posibilidad de su mecanización.

Lo anterior puede limitar la extensión de su empleo en forma masiva, debido al costo que ello puede significar, especialmente fuera de la Región Metropolitana.

Ensayo con pipeta RILEM (Ensayo de Karstens).

Este ensayo ha sido propuesto por el investigador alemán Karstens y ha sido probado por RILEM para el control de infiltración en muros así como en Alemania para la evaluación in situ de tratamientos repelentes al agua.

Su aplicación ha sido hecha tanto en laboratorio como en albañilerías in situ, con resultados aceptables, aún cuando la literatura señala la conveniencia de efectuar numerosas medidas tanto en las unidades de albañilería como en las juntas mortero-unidades.

En nuestro país se ha empleado con fines de control in obra, especialmente de la calidad de impermeabilizaciones.

Consiste en el empleo de un dispositivo de la forma señalada en la figura 2/4, el cual se aplica contra el muro que se desea controlar durante un lapso de 10 minutos, manteniendo una columna de agua permanente de 10 cm de altura, midiendo la cantidad de agua que debe adicionarse para lograr esta condición.

En esta forma, el ensayo simula una situación de lluvia con una presión de viento equivalente a 114 km/h, lo que corresponde a una condición extremadamente exigente.

Sin embargo, dado que lo que se desea detectar es la existencia de sectores de alta infiltración es posible estudiar formas de aplicación que correspondan a situaciones más reales para el sector donde está ubicado el muro que se desea controlar.

El ensayo tiene como principal limitación las pequeñas dimensiones de la pipeta, lo cual conduce a mediciones localizadas, que no necesariamente representan la situación de toda la obra que se desea controlar.

Por este motivo, se estima que su empleo debería efectuarse mediante un criterio estadístico, en el cual se efectuara numerosas mediciones locales, evaluándose tanto el promedio como la dispersión de los resultados obtenidos para la calificación del resultado obtenido.

Estos criterios no han sido desarrollados y, al igual que el método ASTM E 514, hará necesario efectuar una investigación que conduzca tanto a la definición de la metodología de ensayo como de los criterios de aceptación y rechazo.

Ello hace también conveniente una contrastación con ensayos efectuados en túnel de viento.

Adicionalmente, en favor de su empleo, debe considerarse que existe en nuestro país alguna experiencia anterior.

Por esta razón y su facilidad de uso, el autor estima que, si se logra desarrollar una metodología práctica de ejecución y de calificación, lo que, en principio parece factible, debe favorecerse su empleo.

Ensayo por aspersión directa.

La normalización francesa DTU 20.1 incluye un ensayo de aspersión directa para la verificación del carácter hidrófugo de un recubrimiento, que, por su forma de ejecución resulta de mayor representatividad que el ensayo ASTM E 514.

El ensayo se efectúa en paneles prefabricados de 0.5 a 1 m² de superficie, recubiertos con el material que se desea ensayar, suspendidos de un marco.

Los paneles son sometidos a humidificación mediante aspersión de agua con regadores calibrados que permitan que:

- el agua llegue a la superficie del muro en forma de gotas, evitando la formación de neblina o el choque de chorros de agua
- la cantidad de agua debe corresponder a un caudal de 0.3 ± 0.5 l/m². min sobre toda la superficie del panel y en cada superficie local de 3 x 3 m.

El panel es mantenido bajo riego hasta que se estabilice su peso, siendo pesado después de ese período y posteriormente en diferentes tiempos.

La curva de relación pérdida de peso en función del tiempo permite calificar el nivel hidrófilo del recubrimiento que se está probando.

Este ensayo podría eventualmente ser adaptado para efectuar ensayos de calificación de muros de albañilería en terreno.

Para ello sería necesario establecer algún procedimiento de medida del agua absorbida por el muro, lo que no parece fácil cuando deba efectuarse en los pisos superiores de viviendas de varios pisos.

Personal del Laboratorio DECON, de la Pontificia Universidad Católica de Chile, estima posible medir el nivel de saturación del muro mediante el empleo del equipamiento de resistividad eléctrica, lo cual permitiría transformar este control cualitativo en cuantitativo, ganando con ello en objetividad.

De acuerdo a informaciones verbales del Consultor nacional Inge-niero Sr. Sergio Rojas, una modalidad simplificada de este ensayo ha sido aplicada ocasionalmente en nuestro país, mediante el empleo de una manguera de riego durante un tiempo definido, observándose la penetración del agua a través del muro.

Si bien su representatividad es incierta y su evaluación de este ensayo resulta de naturaleza cualitativa, es posible que pueda desarro-llarse una metodología que permita una cuantificación aproximada del agua infiltrada en el muro, no siendo, por lo tanto, una iniciativa que deba desdeñarse por su aparente simplicidad.

Código de Morteros, Especificaciones Técnicas Tipo y Manual de Buena Práctica.

Este conjunto de documentos está siendo elaborado por la Comi-sión de Tecnología del Hormigón de la Cámara de la Construcción para ser sometida a la consideración de la comunidad técnica.

El Código de Morteros contiene los requisitos que deben cumplir los morteros para su empleo como estucos, morteros de junta y de pega de revestimientos discontinuos.

En el caso de los morteros de junta se especifica requisitos de resistencia, retracción y retentividad.

El Código contiene Comentarios, destinados a orientar en la forma de aplicación de los requisitos establecidos por él.

Las Especificaciones Técnicas Tipo constituyen un modelo para establecer las Especificaciones Particulares de una obra, para así poder cumplir los requisitos establecidos en el Código.

Finalmente, el Manual de Buena Práctica contiene los procedimientos constructivos que conducen a una calidad aceptable en los morteros empleados en una construcción.

Este Manual de Buena Práctica constituye una actualización del Manual del Mortero del Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, el cual contiene los siguientes capítulos que son atinentes a las buenas prácticas para la construcción de muros de albañilería:

Capítulo 5. Uso del mortero en obra.

Capítulo 7. Dosificación de morteros.

Capítulo 9. Aplicaciones de los morteros.

Punto 9.3 Morteros de junta para albañilerías.

La edición de estos documentos se prevé en el segundo semestre de 1998.

Conclusiones del Capítulo 2.

En el Capítulo 2 se han analizado los controles a los que puede someterse las albañilerías, tanto en sus constituyentes como directamente en los muros construidos.

De este análisis surge como posible el desarrollo de ensayos que permitan medir:

- Las características de capilaridad y permeabilidad de las unidades de albañilería
- El comportamiento hidráulico global del muro de albañilería

Sin embargo, el desarrollo del conjunto de ensayos necesario para este objeto requiere la destinación de recursos y tiempo para investigar la modalidad de su ejecución, así como para la definición de criterios de aceptación y rechazo.

Estos ensayos estarán destinados a calificar principalmente los muros constituidos por unidades de albañilería aparentes, aún cuando también pueden ser aplicables en el caso en que se prevea la aplicación de productos impermeabilizantes o la adopción de criterios de diseño orientados hacia el drenaje del agua de lluvia que pueda traspasar la cáscara exterior de las unidades de albañilería.

De acuerdo a los antecedentes expuestos se estima necesario desarrollar los siguientes aspectos:

- Incluir en la normalización de producción de unidades de albañilería ensayos de capilaridad y permeabilidad. Para el primero puede adoptarse la normalización definida en AFNOR P14 - 102, debiendo desarrollarse una metodología para el segundo, que podría basarse en la Norma NCh 189.
- Adoptar el Código, Especificación Técnica tipo y Manual de Buena Práctica, que está estudiando la Comisión de Tecnología del Hormigón de la Cámara de la Construcción, para la calidad de los morteros de junta.
- Desarrollar una metodología de calificación de la calidad constructiva de los muros de albañilería.

Se estima que un ensayo de tipo estadístico con la pipeta RILEM o de Karstens permitiría resolver este aspecto en forma práctica.

En caso contrario, puede también estudiarse el empleo del sistema AFNOR de aspersión directa, estimándose que este método parece de difícil aplicación en la práctica, especialmente en viviendas de varios pisos.

Finalmente, un ensayo de riego mediante manguera, asociado a una medición de resistividad eléctrica parece también posible. Todos estos ensayos requieren una contrastación con experiencias en túnel de viento.

figura 2/1

BLOQUE

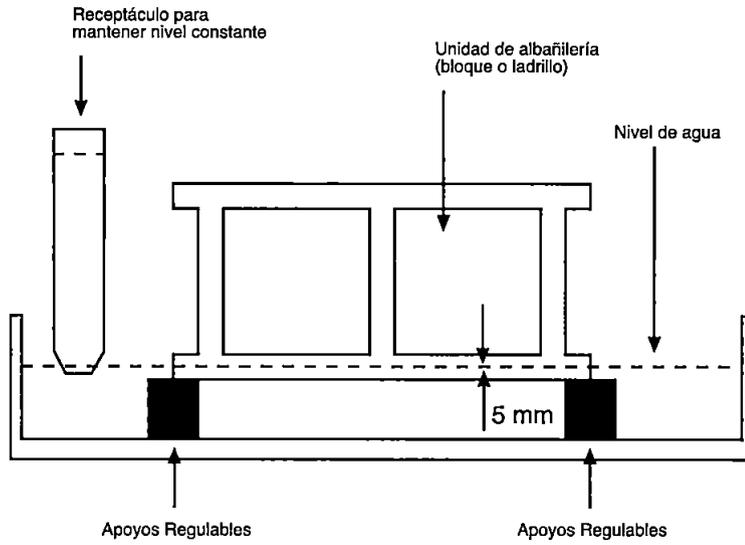
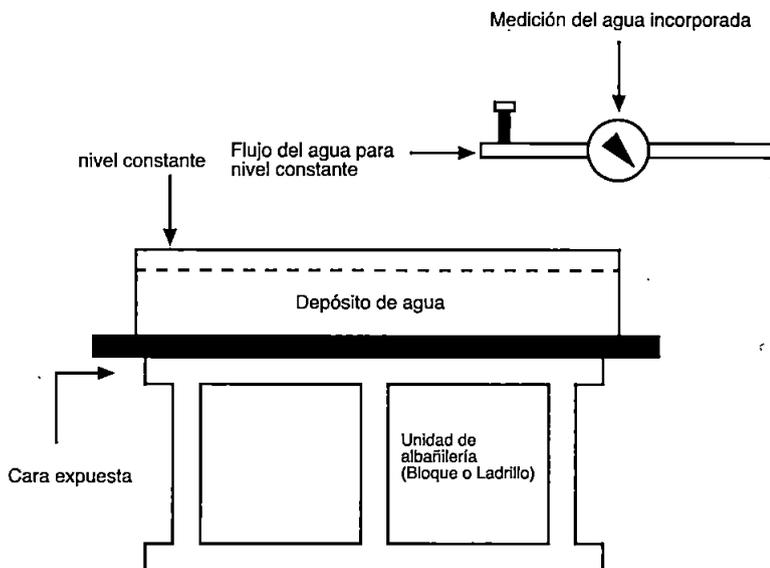


figura 2/2



Capítulo 3

1

Consideraciones de diseño

Conceptos generales.

Una adecuada resistencia a la penetración de aguas lluvia en una vivienda no depende sólo de la calidad de los materiales y de la construcción, sino también debe ser considerada como sollicitación de diseño.

La participación del diseño puede considerarse desde tres puntos de vista:

- En el diseño arquitectónico de la vivienda.
- En el diseño de las unidades de albañilería.
- En el diseño estructural de la vivienda.

En el próximo punto se analizan cada una de estos aspectos.

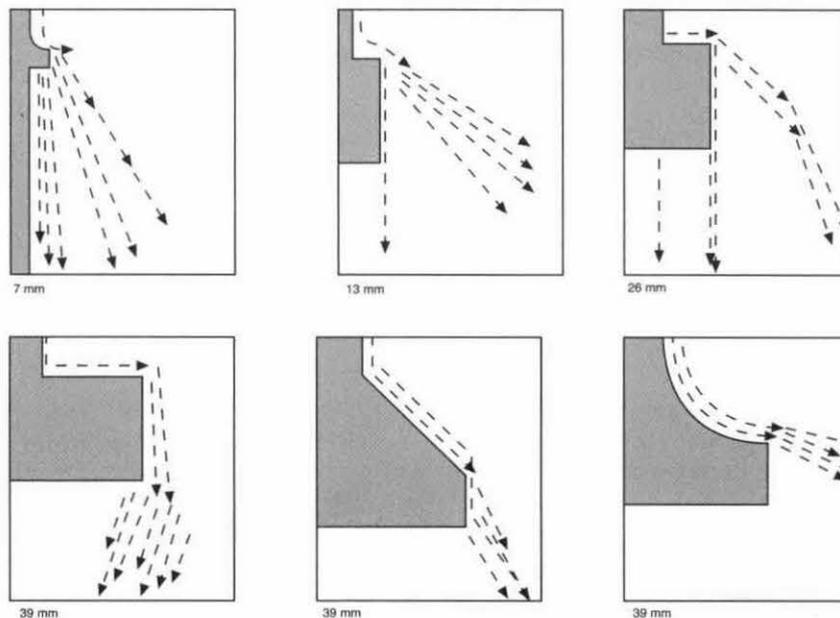
Consideración en el diseño arquitectónico.

La finalidad primera del diseño arquitectónico, en su contribución al aumento de la resistencia a la sollicitación de lluvia, debe orientarse hacia la obtención de una disminución al mínimo del tiempo de contacto de la humedad con los muros exteriores de la vivienda.

Para este objeto, el diseño exterior de la vivienda debe considerar principalmente los siguientes aspectos:

- *Disposición de aleros de una longitud apropiada.*
La longitud de los aleros debe fijarse en función de las condiciones de clima prevaletientes en el sitio de ubicación de la vivienda, principalmente de la frecuencia e intensidad de las lluvias y de los vientos.
La longitud de los aleros debe fijarse en función de las condiciones de clima prevaletientes en el sitio de ubicación de la vivienda, principalmente de la frecuencia e intensidad de las lluvias y de los vientos y la dirección predominante de estos últimos.
Para este objeto, si no existe, es necesario efectuar un catastro del comportamiento de este tipo de protección en las viviendas existentes en las diferentes Regiones de nuestro país.
Actualmente, para la Región Metropolitana el Ministerio de la Vivienda está especificando una longitud mínima de aleros de 30 cm.

figura 3/2



Efecto de las canchales según su proyección

Sello adecuado de aberturas en las fachadas.

Las aberturas en las fachadas, necesarias para la ubicación de puertas y ventanas, son sitios frecuentes de ingresos de agua de lluvia, pues normalmente existen separaciones entre los marcos de estos elementos y las caras interiores de los vanos.

Igualmente, esta situación se presenta en las entradas de ductos que traspasan los muros.

La detección de las filtraciones en estas aberturas puede ser normalmente efectuada mediante riego con manguera sobre las superficies de los muros exteriores.

Elas deben ser sellados completamente, pues, como se ha visto en el Capítulo 1, aunque sean de pequeña magnitud, estas separaciones pueden producir el ingreso de afluentes importantes de agua hacia el interior o, alternativamente, constituir puntos de acumulación de agua que posteriormente se evapora y condensa en el interior de la vivienda.

Para ello debe recurrirse al empleo de materiales de relleno, de los cuales existen en la actualidad una gran variedad de tipo sintético.

Estos materiales deben ser colocados estrictamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante, especialmente si se especifica el uso de imprimantes, para mejorar su adherencia.

Deben ser, además, renovados periódicamente, pues, normalmente, sufren los efectos de las variaciones de humedad y temperatura y de los rayos ultravioleta de la luz solar.

El empleo de estos materiales de sello hace necesario disponer de un espacio apropiado para su colocación. Ello sugiere que el diseño de

los vanos considere esta condición, en lugar de tratar de lograr un ajuste demasiado estricto a las dimensiones de las ventanas.

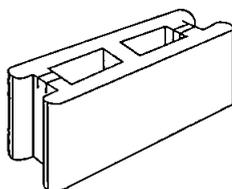
Consideración en el diseño de las unidades de albañilería.

El agua que ingresa por capilaridad o permeabilidad hacia el interior de la vivienda puede también ser drenada desde la parte interna de las unidades de albañilería que componen el muro.

Para lograr este objetivo, las unidades deben tener elementos de corte y drenaje de las filtraciones y, además, disponer de conexiones hacia el exterior de la unidad, para la eliminación del agua acumulada.

Para este último objeto, en otros países, se han desarrollado unidades especiales, que se colocan en la parte inferior de las hiladas y que permiten el rebalse del agua hacia el exterior.

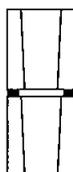
Disposiciones para el corte de las filtraciones han sido introducidas en los bloques de hormigón, en los cuales, por su naturaleza, ello resulta posible y consisten en ranuras transversales al posible camino del agua, como las que se señalan en la figura 3/3 siguiente:



Esta disposición permite cortar el flujo de agua que tiende a producirse a través de los tabiques del bloque.

De esta forma, el agua escurrirá por la superficie interna de las paredes de los bloques, de manera que si se colocan dispositivos que drenen el agua hacia el exterior del muro, ella no podrá entrar en contacto con la superficie interior del muro, evitando la transferencia de humedad.

Estas medidas se complementan con la conicidad de los huecos interiores de los bloques, las cuales, al proceder al pegado de los bloques entre sí, forman canchales internos que funcionan como cortaguas, evitando el escurrimiento, especialmente por las paredes de las caras internas del bloque, como se muestra en la figura 3/4 siguiente.



Estas disposiciones deberían ser normalizadas para su adopción por todos los fabricantes, pues constituyen soluciones efectivas para evitar el paso del agua hacia el interior del muro.

Las unidades cerámicas poseen huecos interiores para el paso de armaduras que también se prestan como sistemas de drenaje. Sin embargo, constituye un punto que debe ser estudiado por los fabricantes, pues permitiría mejorar la seguridad al paso del agua en este tipo de unidades.

Consideración en el diseño estructural.

La solicitación de lluvia no es habitualmente considerada en el diseño estructural.

Sin embargo, existen algunos aspectos del diseño que inciden en el comportamiento de los muros de albañilería frente a esta solicitación.

Estos se relacionan básicamente con la consideración de la retracción hidráulica y térmica de los muros y de los elementos estructurales asociados a ellos, los cuales condicionan la fisuración y la adherencia de las unidades de albañilería.

Estas solicitaciones son consideradas hasta el momento, en la normativa extranjera, sólo a través de la introducción de condiciones que limitan el valor de la contracción derivada de la retracción de los materiales componentes.

Sin embargo, los recursos de diseño que existen actualmente, en particular los métodos de cálculo mediante elementos finitos, deberían permitir mejorar este aspecto, logrando mejores predicciones sobre el comportamiento de las albañilerías.

Para lograr este desarrollo, se hace necesario mejorar el conocimiento de los materiales nacionales (unidades de albañilería y morteros), en lo concerniente a sus características de retracción, adherencia y módulos de elasticidad, para lo cual deben desarrollarse las investigaciones de laboratorio pertinentes. Ello permitiría estudiar, además, la correlación de estos estudios con el comportamiento global de los muros de albañilería, así como establecer las especificaciones de resistencia del mortero en forma más real.

Ideas para una zonificación climática del país

Los antecedentes aportados en los puntos anteriores de este Capítulo señalan que las condiciones de diseño de las viviendas deben adaptarse a las características climáticas del sitio donde se ubicarán.

Ello sugiere la conveniencia de contar con una zonificación climática, la cual al estar ligada a estructuraciones tipo facilitaría la definición

de las características generales de las viviendas.

En nuestro país aún no se ha desarrollado criterios de esta naturaleza, pero se estima que existen los elementos básicos para efectuarlo.

Para este objeto puede utilizarse como guía el criterio establecido en la Norma francesa DTU 20.1 en su Documento P 10-202-3, el más completo según nuestro conocimiento.

Este documento clasifica los muros en distintos tipos, de acuerdo a su constitución, indicando las condiciones de empleo de cada uno de esos tipos según las condiciones ambientales de ubicación.

La proposición que se plantea podría ser complementada con el Estudio realizado bajo el auspicio del Convenio O.E.A. de Vivienda Popular.

Ambos se describen posteriormente en este mismo punto.

Criterio de clasificación de la Norma P 10 - 202- 3.

La Norma francesa P 10 - 202 - 3 clasifica los muros generalmente utilizados para la construcción de viviendas, según su resistencia a la sollicitación de lluvia, en cuatro tipos y define su forma de empleo en función del ambiente que rodea a la construcción, en la forma que se indica a continuación.

Clasificación de los muros según su resistencia a la sollicitación de lluvia.

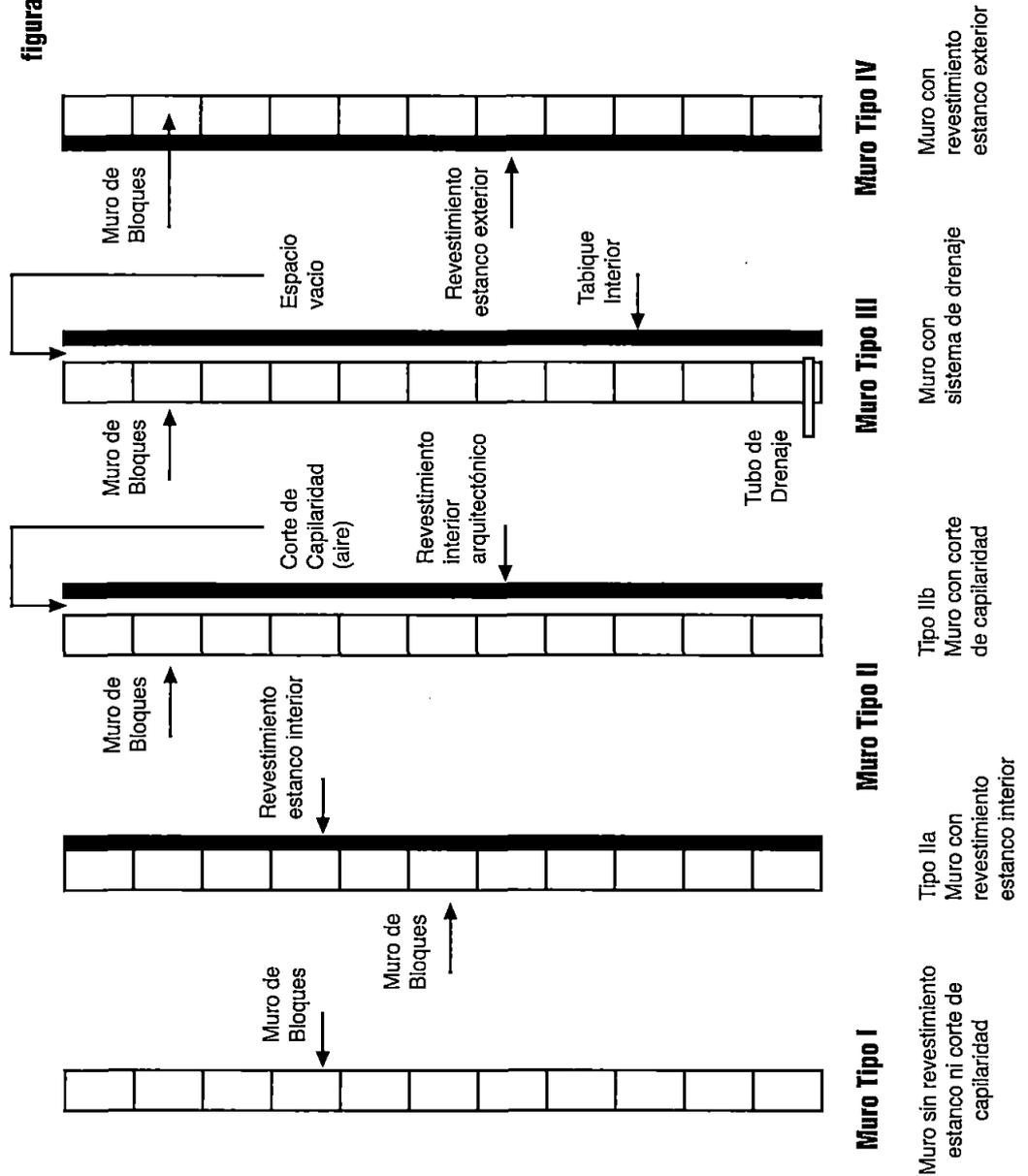
La Norma francesa distingue los siguientes tipos de muros:

- Tipo I.** Muros que no poseen revestimiento estanco en su cara exterior ni corte de capilaridad en su espesor.
- Tipo II.** Muros que no poseen revestimiento estanco en su cara exterior, pero con corte de capilaridad continuo interior. Este tipo de muro incluye dos subtipos dependiendo de la disposición del corte de capilaridad:
- Tipo IIa.** Corte de capilaridad formado por un revestimiento estanco interior mediante paneles aislantes no hidrófilos.
 - Tipo IIb.** Corte de capilaridad constituido por una capa de aire continuo.
- Tipo III.** Doble muro constituido por:
- muro exterior de albañilería sin revestimiento estanco
 - muro interior separado del primero por una capa de aire continua.
 - sistema de recolección de agua, con evacuación hacia el exterior
- Tipo IV.** Muro con un revestimiento estanco al exterior.

De los tipos señalados, los tres primeros aceptan el paso de agua de lluvia en forma limitada. En cambio, el tipo IV se supone totalmente estanco.

Estos tipos de muros se representan esquemáticamente en la figura 3/5 anexa.

figura 3/5



Clasificación del tipo de ambiente que rodea a la construcción.

La Norma francesa define las siguientes situaciones en relación al ambiente que rodea a la construcción:

- A Según la situación de la construcción:
 - a) Construcción situada al interior de grandes centros urbanos.
 - b) Construcciones situadas en ciudades pequeñas y medianas o en la periferia de de los grandes centros urbanos.
 - c) Construcciones aisladas en el campo.
 - d) Construcciones aisladas situadas al borde del mar o en ciudades costeras.

- B Según la altura del muro sobre el suelo.
 - A menos de 6m.
 - Entre 6 y 18 m
 - Entre 18 y 28 m.
 - Entre 28 y 50 m.
 - Entre 50 y 100 m.

Los edificios de altura superior a 100 m se estudian específicamente.

- C Presencia de protección contra el viento y la lluvia.
 - Fachadas protegidas, definidas de acuerdo a las siguientes condiciones:
 - Fachadas de menos de 28 m de altura
 - Fachadas opuestas a la dirección del viento de lluvia en zonas en que existe una dirección predominante para éste.
 - Fachadas de edificios que bordean una calle, existiendo edificios a ambos lados a menos de 30 m de distancia.
 - Fachadas de edificios protegidos por prominencias del terreno que aseguren protección contra el viento.
 - Fachadas que incluyen balcones o loggias continuos

 - Fachadas no abrigadas, definidas como las que no cumplen las condiciones señaladas en el punto anterior.

Elección del tipo de muro.

La elección del tipo de muro a utilizar se efectúa en función del ambiente que rodea a la construcción. de acuerdo al criterio que se indica en las tablas siguientes:

Tabla 1					
Albañilerías destinadas a quedar aparentes					
Situación a,b,c			Situación d		
	Fachadas Protegidas	Fachadas No Protegidas	Fachadas Protegidas	Fachadas No Protegidas	
Altura del Muro Sobre el suelo				Zonas Costeras no enfrentadas al mar	Zonas Costeras enfrentadas al mar
< 6m	IIa	IIa	IIa	IIb	III
6 - 18m	IIa	IIa	IIa	IIb	III
18 - 28m	IIa	IIb	IIa	III	III
28 - 50m	Estos Casos deben		Estos Casos deben Estudiarse		
50 - 100m	Estudiarse Especialmente		Especialmente		

Tabla 2					
Albañilerías con una cobertura exterior normal (*)					
Situación a,b,c			Situación d		
	Fachadas Protegidas	Fachadas No Protegidas	Fachadas Protegidas	Fachadas No Protegidas	
Altura del Muro Sobre el suelo				Zonas Costeras no enfrentadas al mar	Zonas Costeras enfrentadas al mar
< 6m	I	I o IIa	I	I o IIa	IIb
6 - 18m	I	I o IIa	I	IIa	IIb
18 - 28m	I	I o IIa	I	IIb	IIb o III
28 - 50m				III	III
50 - 100m				IV	IV

(*) Se entiende como cobertura normal aquella que se aplica sólo por condición arquitectónica y no como protección ni impermeabilización

Conclusiones generales del análisis de la Norma francesa P 10 - 202- 3.

De los antecedentes expuestos se deduce que la Norma francesa define el empleo de los distintos tipos de muro en base a su ubicación local y a las condiciones ambientales del sitio donde está ubicada la vivienda.

En otros términos, la definición depende sólo de condiciones particulares y no de condiciones meteorológicas definidas, es decir de intensidades de lluvia y viento, las que quedan representadas sólo en forma indirecta a través de la altura de los muros sobre el terreno y del grado de protección del muro.

Se observa, además, que sólo la colocación de una cobertura exterior arquitectónica, es decir no impermeable, permite el empleo de los muros tipo I, es decir aquellos que no poseen revestimiento impermeable en su cara exterior ni algún elemento de corte de capilaridad, situación que corresponde a la normalidad en nuestro país en numerosas viviendas, especialmente de tipo económico.

Lo anterior plantea como conclusión general que la Norma francesa basa la resistencia a la sollicitación de lluvia en la existencia de elementos de corte de la penetración del agua, es decir, en su consideración a través del diseño del muro, y no de las condiciones de calidad de los materiales y de la construcción.

Lo anterior es coherente con el hecho que las Normas AFNOR no consideren ensayos de control de la calidad en sitio de la obra, pero, evidentemente, conducen a soluciones de mayor costo.

Sin embargo, debe considerarse que las condiciones climáticas son, en general, más uniformes y más exigentes en Francia que en nuestro país, especialmente en lo concerniente a frecuencia de las precipitaciones.

Debido a este motivo, estas pautas no son directamente extrapolables a Chile, pudiendo tomarse sólo como un antecedente básico para definir condiciones de diseño mínimo en la forma que se señala en el punto siguiente.

En cambio, en nuestro país, la gran variabilidad de climas tanto a lo largo como a lo ancho del país plantean una situación distinta, en la cual el clima puede ser determinante para diferenciar los distintos tipos de muros.

Por esta razón, en el punto siguiente analizaremos cuales son las condiciones meteorológicas en nuestro país, intentando una zonificación general, que distinga sectores con mayor probabilidad de exigencia que otros.

Análisis preliminar de una zonificación climática chilena.

Como se ha analizado en el Capítulo 1, la capacidad de un muro para absorber agua de lluvia está relacionada con la dimensión y distribución de capilares existentes en un muro.

Sin embargo, esta capacidad queda también condicionada por la cantidad de agua que puede generarse en el lugar donde está ubicado el muro, la cual está, a su vez, relacionada con la intensidad y frecuencia de las lluvias en ese lugar.

Por este motivo, es importante conocer dicha intensidad y frecuencia, pues ella incidirá en la definición de las condiciones de diseño que debe cumplir un muro de albañilería en una zona determinada de nuestro país.

Para este objeto, nos basaremos en la carta de duración de lluvias elaborada para nuestro país por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas.

Este organismo ha efectuado un estudio basado en las estadísticas existentes en diferentes estaciones pluviométricas de nuestro país, llegando a establecer cartas que definen las líneas isoyetas para la precipitación máxima en 24 horas con 10 años de período de retorno.

Estas isoyetas han sido representadas gráficamente en una carta que abarca todo nuestro país .

Ella puede ser transformada en la máxima cantidad de agua caída en una hora para el mismo período de retorno u otro mediante las relaciones establecidas en el Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas.

Basándose en este criterio, en la figura 3/6 anexa se ha representado, a título de ejemplo, las isoyetas para la precipitación máxima en 1 hora con 1 año de período de retorno para la Región Metropolitana.

Proposición de una zonificación de viviendas.

1

Si se establecen límites aceptables de intensidad de lluvia para determinados tipos de muros, basándose en la carta generada en el punto anterior se podrá establecer una zonificación de tipos de viviendas para diferentes zonas de nuestro país.

Para analizar este punto fijemos, convencionalmente, como límite aceptable de intensidad de lluvia para la construcción de viviendas con muros aparentes sin protecciones especiales, clasificado como tipo I según la Norma francesa, un valor de intensidad con frecuencia anual de alrededor de 5 mm/h.

La distribución de isoyetas deducida en el punto anterior permite señalar para la Región Metropolitana las zonas en donde sería susceptible emplear el tipo de construcción señalado, es decir empleando muros aparentes sin protecciones especiales, excepto las inherentes a unidades de buena impermeabilidad, la incorporación de diseños arquitectónicos apropiados y, especialmente, una buena calidad de construcción.

Igualmente podrían considerarse los sectores en que habría que tomar medidas adicionales aquellos correspondientes a zonas con intensidades comprendidas entre 5 y 10 mm/h.

Estas medidas podrían corresponder a la definidas para los muros tipo II en la Norma francesa, es decir muros con corte de capilaridad incorporado.

Finalmente, las zonas en que la intensidad de lluvia es mayor de 10 mm/h podrían requerir muros clasificados como tipo III en la Norma francesa, es decir viviendas con muros dobles.

Esta clasificación se resume en la figura 3/6 adjunta, designando como zonas A, B y C respectivamente las recién descritas.

Estos conceptos generales no consideran el efecto de la lluvia con viento, pues desgraciadamente en nuestro país no existen hasta la fecha estadísticas similares a las señaladas para las lluvias.

Sin embargo, dado que esta proposición constituye un intento preliminar a precisar con estudios más profundos, también proponemos que este aspecto sea analizado en forma similar a la norma francesa, es decir basándose en características locales.

Sobre esta base, la clasificación anterior podría completarse en la forma indicada en la tabla 3/3 siguiente:

Tabla 3/3

Zona	Muros Pisos 1° v		Muros Pisos 3° a	
	Muro Protegido	Muro Expuesto	Muro Protegido	Muro Expuesto
A	I	II	II	III
B	II	III	III	IV
C	III	IV	IV	IV

***Estudio auspiciado por el Convenio OEA
de Vivienda Popular***

Un buen intento sobre la materia lo constituye un estudio realizado bajo el auspicio del Convenio O.E.A. de Vivienda Popular, en el cual se ha llegado a establecer un criterio de zonificación climática para nuestro país.

Esta zonificación se basa en estadísticas de humedad relativa, velocidad de viento, lluvia y temperatura obtenidas en estaciones meteorológicas ubicadas en 24 ciudades de Chile.

Mediante los valores medios de estos parámetros se define un factor designado como R, definido según la siguiente expresión:

$$R = \alpha K1 VM K2 (100 - HR) K3 TM$$

Teniendo los términos indicados en la fórmula el siguiente significado:

- α factor básico de absorción de lluvia según gráfico de figura 3/7
- K1 factor de corrección por velocidad de viento = 0,0675 l/(km/h)
- VM velocidad media del viento en km/h
- K2 coeficiente de corrección por humedad relativa = 0,0786
- HR humedad relativa en tanto por ciento
- K3 factor de corrección por temperatura = 0,410 l/°C
- TM temperatura media en °C

El coeficiente R permite, según el autor, clasificar zonas climáticas según la influencia de la lluvia con viento.

El Estudio realizado distingue diez zonas climáticas, que son las indicadas en la tabla 3/4 siguiente:

Para cada una de estas zonas, el autor define condiciones de ensayo en un túnel de viento estandarizado, que reproducen las de la zona climática donde se empleará un determinado material constructivo, lo cual permite visualizar su comportamiento en las condiciones correspondientes a esa zona.

Este procedimiento está destinado a calificar materiales de construc-

Tabla 3/4

Clase Clima Higrométrico	Rango de Coef. R	Estaciones Incluidas
A	0,0	Arica, Iquique, Antofagasta, Chañaral, Copiapó, Vallenar
B	0,1 - 6,0	La Serena, Ovalle, San Felipe, Los Andes, Santiago, Rancagua
C	6,1 - 12,0	
D	12,1 - 18,0	San Fernando, Curicó, Talca, Punta Arenas
E	18,1 - 24,0	Linares, Maule
F	24,1 - 30,0	Chillán
G	30,1 - 35,0	Los Angeles, Angol, Temuco
H	35,1 - 40,0	Ancud, Castro, Puerto Aysén, Coyhaique
I	40,1 - 45,0	Concepción
J	> 48,0	

ción, tales como sistemas constructivos, impermeabilizantes, sellos, cubiertas etc.

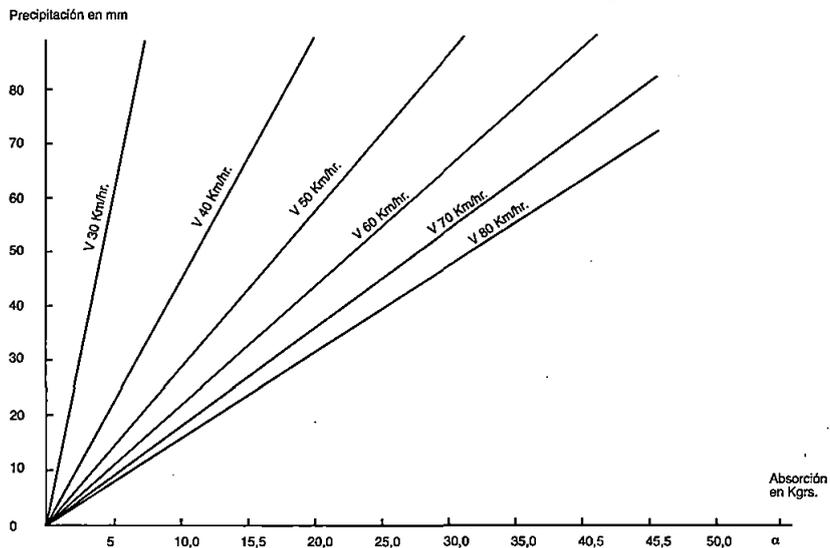
De esta manera, si se efectuaran ensayos sistemáticos podría permitir una clasificación de sistemas constructivos similares a los que se señaló en el punto anterior.

Ello tendría la ventaja evidente de introducir el efecto de la lluvia impelida por viento en esta clasificación y, al disponer de antecedentes estadísticos de una zona determinada, poder definir específicamente para ella el tipo de construcción más apropiado.

Sin embargo, presenta la limitación de que la validez de su extrapolación al terreno queda condicionada a que se repitan las condiciones de construcción empleadas en el laboratorio.

EFFECTOS DE ABSORCION POR LLUVIA IMPELIDA α

figura 3/7



Conclusiones del Capítulo 3.

El análisis efectuado en este Capítulo permite establecer que la sollicitación por humedad puede ser considerada en el diseño arquitectónico, de las unidades de albañilería y estructural de las viviendas.

De este análisis surgió como conclusión las medidas que podrían tomarse para lograr una mayor resistencia a la penetración de agua.

En el aspecto arquitectónico es conveniente no descuidar medidas en relación con los aleros, sistemas de drenaje, elementos de desvío y sellos en las zonas de contacto de puertas, ventanas y pasadas de ductos.

En relación con el diseño de las unidades de albañilería se plantea la conveniencia de generalizar disposiciones de corte del paso del agua y de drenaje del agua acumulada en su interior y con una geometría interior que evite el contacto del agua con la superficie interior de los muros de albañilería.

En lo concerniente al diseño estructural, se plantea la conveniencia de mejorar los sistemas de análisis de las sollicitaciones de contracción por retracción hidráulica y térmica, así como el conocimiento de las características de los materiales empleados en la construcción de muros de albañilería.

Del análisis efectuado surge también la recomendación de tipificar tanto las condiciones climáticas de nuestro país como de las disposiciones constructivas para los muros de albañilería que podrían utilizarse en esas zonas.

En este Capítulo se plantean algunas ideas para llevar a cabo esta proposición, basándose en el sistema propiciado en el Documento Técnico 10 – 202 – 3 de DTU 20.1 o, alternativamente en el Estudio realizado bajo el auspicio del Convenio OEA de Vivienda Popular.

Bibliografía

1

NORMAS Y ESPECIFICACIONES

- 1 *ASTM SPECIFICATIONS FOR CONCRETE MASONRY UNITS*
American Society for Testing and Materials U.S.A.
- 2 *Specification for Precast Concrete Blocks*
British Standards Institution England
- 3 *Normalisation Française DTU 20.1*
- 4 *Normalisation Française P14 - 102*
- 5 *Bases Técnicas Generales para Viviendas Básicas.*
Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- 6 *Normas Instituto Nacional de Normalización*

TEXTOS

- 6 *Monografías del Instituto Eduardo Torroja*
n° 224. Impermeabilidad de muros de ladrillo al agua de lluvia
- 7 *A Manual of Facts on Concrete Masonry*
National Concrete Masonry Association U.S.A.
- 8 *Manual Técnico de Alvenaria*
Associação Brasileira da Construção Industrializada
- 9 *Moisture Control in Buildings*
ASTM Manual Series : MNL 18
- 10 *Les Condensations dans les Batiments*
Yves Couasnet. Presses de l'Ecole National des Ponts et
Chaussées
- 11 *Albañilería Armada de Bloques de Hormigón.*
Diseño y Construcción.
Hernán Zabaleta G. Instituto Chileno del
Cemento y del Hormigón.
- 12 *Manual de Carreteras. Volumen 3. Diseño.*
Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas.
- 13 *Test Method for the evaluation of in situ performance of*
water-repellent treatments
R.P.J. van Hees y otros. TNO Building Construction Research,
Delft, Holanda.

- 14 *Evaluación del Comportamiento de Viviendas
Villa Volcán San José-Puente Alto*
Instituto de Investigaciones y Ensayes de Materiales.
Universidad de Chile.

- 15 *Informe sobre Comportamiento de Edificios de Albañilería
Frente a Lluvias.*
Roger Tenney Sweet.

- 16 *Luvias a 1, 2 y 3 días.*
Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas.

- 17 *Estudio Convenio OEA Viviendas Económicas*

*RECOMENDACIONES PARA LA
PREVENCION Y CONTROL DE
PROBLEMAS DE HUMEDAD EN
ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS*

2

GRUPO TECNICO TRATAMIENTOS

TABLA DE CONTENIDOS

<i>I. Productos que se Incorporan a la Masa</i>	<i>1</i>
<i>1.1 Aditivos Hidrófugos</i>	<i>1</i>
<i>1.2 Aditivos Reductores de Agua</i>	<i>3</i>
<i>1.3 Aditivos a Base de Polímeros Sintéticos</i>	<i>5</i>
<i>II. Tratamientos Superficiales</i>	<i>7</i>
<i>2.1 Hidrorrepelentes</i>	<i>7</i>
<i>2.2 Revestimientos</i>	<i>10</i>
<i>2.3 Morteros Cementicios Modificados</i>	<i>13</i>
<i>III. Procedimiento Práctico Sugerido</i>	<i>16</i>
<i>3.1 Tratamiento Preventivo Humedad Ascendente desde el Terreno</i>	<i>16</i>
<i>3.2 Tratamiento de Baldosines Cerámicos no Vitrificados</i>	<i>16</i>
<i>3.3 Tratamiento de Fachadas</i>	<i>17</i>

ASPECTOS TRATADOS

- Descripción
- Características físico-químicas
- Aplicaciones
- Preparación de la mezcla y/o superficie
- Ensayos y tolerancia de aceptación
- Control en terreno
- Mantenimiento

Introducción

El presente trabajo, es la recopilación de experiencias desarrolladas en Chile y en el extranjero, y no tiene sino otra finalidad de entregar, a modo de recomendación, una herramienta para la prevención y control de problemas de humedad en elementos constructivos, y en forma particular en paramentos de albañilería.

De los temas tratados se debe tener presente lo siguiente:

- El logro de buenos resultados, impermeabilidad en morteros y hormigones, al utilizar aditivos a la masa, parte de la base de que se han seguido los códigos de buena práctica en cuanto a diseño, elección de materiales, preparación y colocación de las mezclas de mortero u hormigón.
- También se debe considerar, que los aditivos **no mejoran** mezclas que conceptualmente tienen deficiencias en los elementos básicos (diseño, elección de materiales y colocación).

Con respecto a los ensayos nombrados en cada punto en particular, son a título de recomendación, ya que los definitivos a utilizar deben ser aprobados por diferentes entes y organismos, como así mismo, en caso necesario ser adaptados a la realidad de nuestros laboratorios de control, así como otorgar un plazo de un año para que los fabricantes certifiquen sus productos bajo las normas y ensayos descritos en este documento.

Dentro de las recomendaciones entregadas para la ejecución de mezclas de hormigón o morteros, es necesario incluir que el logro de los resultados esperados está muy relacionado con el adecuado y eficiente curado, por el período recomendado en la norma Nch 170 Of 85 o por el que sea indispensable para tal efecto.

Es necesario calificar y certificar la mano de obra que interviene en el proceso o faenas que se describen para este estudio, ya sea, a través de una institución calificada o bien por una asociación de los proveedores de materiales, con el fin de asegurar la correcta aplicación de éstos y así evitar inconvenientes en el tiempo, que indudablemente se traduce en mayores costos.

Como una forma de tener puntos de control y seguimiento en el tiempo de las diferentes soluciones aplicadas en obra, podría estudiarse la factibilidad de establecer zonas de testigos que ayudarán a crear una fuente de información para futuros requisitos y/o comparación (verificación) con otras áreas, estableciéndose éstas en forma aleatoria.

I. Productos que se Incorporan a la Masa

2

1.1 Aditivos Hidrófugos

a. Descripción

Los aditivos hidrófugos están destinados a reducir la penetración o paso de agua, principalmente a través del hormigón.

Son agentes químicos que incorporados a la masa, obturan poros capilares y microfisuras, otorgándole características hidrófugas al hormigón.

Estos son productos que repelen el agua y poseen antagonismo con ella, es decir, son incapaces de unirse o mezclarse con el agua.

b. Características físico químicas

Apropiada será cualquier base química - independiente de su composición - que cumpla con los requisitos definidos para este tipo de aditivo (evolución tecnológica), la cuál debe ser comparada en el hormigón con respecto a muestra patrón (sin aditivo), según el ensayo de la Nch 2262, definido para medir el grado de impermeabilidad en hormigones.

c. Aplicaciones

Todo tipo de hormigones, donde se requiera una baja permeabilidad al agua, tales como:

- Pilares, cadenas, vigas, etc.
- Hormigón de cimentaciones
- Hormigón de sobrecimientos
- Hormigón de losas y radieres

Se podrá recomendar su aplicación en morteros, **sólo si es comprobado su efecto en la mezcla, tanto en impermeabilidad, estabilización de la masa, mejora de propiedades mecánicas y adherencia, etc.**, según los requisitos descritos en el punto 1.3 de este documento.

d. Preparación de la mezcla

Requiere la misma preparación que cualquier hormigón y la aplicación y dosis del aditivo depende además, de la recomendación del fabricante. Generalmente se utiliza diluido en el agua de amasado. Por lo general se adicionan en relación a la dosis de cemento, considerando que mientras más alta la cantidad de cemento se logran hormigones más compactos.

Es recomendable utilizar este aditivo diluido en una parte del agua

dosificada para la amasada respectiva (agua de amasado) y así asegurar una buena distribución en la mezcla.

Se recomienda usar equipos de medición que permitan una precisión de a lo menos el 1% de la cantidad medida.

El aditivo debe usarse cronológicamente según el orden de llegada, verificando su vigencia y la homogeneidad del mismo al momento de adicionarlo a la mezcla.

e. Ensayos y tolerancias

Los ensayos se pueden dividir en aquellos que certifican a los productos, los cuales serán de responsabilidad del proveedor del aditivo, y a los que califican el comportamiento en obra o en el paramento (muro), que en algunos casos serán de responsabilidad del aplicador en terreno (por ejemplo, empresa constructora).

En este documento se describen principalmente los ensayos que certifican los productos. Los ensayos propuestos son recomendaciones, los cuales deben ser aprobados junto con la redefinición de las tolerancias, tanto por experiencias existentes como por investigación nacional.

Ensayos que certifican productos

- 1) Para medir si la incorporación de un aditivo hidrófugo permite alcanzar el objetivo de realizar mezclas de baja permeabilidad al agua, se propone la Nch 2262 - 1997 "Hormigón y mortero - Método de ensayo - Determinación de la impermeabilidad al agua - Método de la penetración de agua bajo presión." Tolerancia penetración máxima de 50 +/- 5 mm, en testigo definido para la realización del ensayo (Nch 2262-1997).

- 2) Resistencia a la alcalinidad.

La finalidad de desarrollar este ensayo, es para verificar que el producto utilizado no pierda su efecto en el largo plazo por el ataque alcalino, propio de las mezclas cementicias. Para tal efecto se sugiere ensayar según el método descrito en el reglamento del Ministerio de Transportes de Alemania.

TP OS, Edición 1990, bajo el punto 6.12. asociado al ensayo Nch 2262-1997.

f. Control en terreno

El ensayo más sencillo de control de impermeabilidad en terreno es la pipeta de Karsten. Se debe tener en cuenta que este ensayo es puntual, por lo que se debe definir el volumen de muestreo y la definición estadística de aceptación y rechazo. La aplicación y tolerancia definida para este ensayo, será definida por un estudio en Chile, el cual se basará en exhaustivos estudios realizados en Europa. Los hormigones a controlar con pipeta de Karsten se limitan a aquellos que se encuentran sobre nivel terreno.

Para todo tipo de hormigones - bajo y sobre nivel de terreno -, se sugiere aplicar el ensayo según Nch 2262-1997, con un sistema de muestreo similar al aplicado para verificación de resistencias. Estos chequeos son de responsabilidad de la empresa constructora.

g. *Mantenimiento*

Debe someterse a una inspección visual anual, de tal forma de verificar si ha sufrido alguna modificación de la superficie como desgaste, fisuras o decoloración. En especial si dicho hormigón estará sometido a ambiente agresivo o fuertes solicitaciones mecánicas y en base a este estudio definir, si se requieren, posibles tratamientos posteriores.

1.2 Aditivos reductores de Agua

a. *Descripción*

Aditivo líquido o polvo, para uso en pastas, morteros y hormigones. Permiten reducir la cantidad de agua de amasado para una docilidad constante (bajar razón A/C), conduciendo a mezclas más densas que permiten alcanzar mayores resistencias mecánicas e impermeabilidad.

b. *Características físico químicas*

En este caso las bases de estos productos son lignosulfonatos sódico y cálcico, naftalensulfonatos, policarboxilados u otros (evolución tecnológica), cuya base permita cumplir las exigencias para este tipo de productos y su efecto en la masa.

El aditivo entra en funcionamiento cuando es absorbido por las partículas de cemento, haciendo que éstas se repelan mutuamente como resultado de la naturaleza aniónica de los aditivos, que originan que las partículas de cemento se carguen negativamente. Con esto se logra una mejor capacidad del agua para humectar los granos de cemento y proporcionar una mejor lubricación interna, disminuyendo así el uso del agua.

c. *Aplicaciones*

Todo tipo de hormigones y/o morteros donde se requiera una baja permeabilidad al agua, tales como:

- Cadenas, pilares y sobrecimientos
- Hormigón de cimentaciones
- Hormigón de subterráneos
- Morteros de pega
- Radieres

También podrán utilizarse en estucos, siempre y cuando la formula-

ción del estuco resultante posee una capacidad de difusión de vapor de agua igual o mayor que la base que lo sustenta, ensayado según norma DIN 52615.

d. Preparación de la mezcla

Requiere la misma preparación que cualquier mortero u hormigón y la aplicación y dosis del aditivo depende de la recomendación del fabricante. Para los aditivos plastificantes, una vez dosificados al agua de amasado se debe estimar entre un 5 a 12% de corte de agua, para una dosis de aditivo normal de aprox. 0,3% a 0,5% del peso del cemento. En el caso de los superplastificantes se debe considerar una reducción entre un 12 a 30% para una dosis de 0,8% a 2,5%.

Se debe tener en cuenta que estas dosis pueden variar, ya que existen evoluciones tecnológicas en los desarrollos de productos.

Después de incorporar en la mezcladora aprox. el 60% del agua de amasado, todo el árido y el cemento, se debe incorporar el aditivo plastificante diluido en el resto del agua. La cantidad de aditivo está determinada por las condiciones de la mezcla y de la obra. En el caso de aditivos superplastificantes, lo usual es incorporarlos a pie de colocación.

Se recomienda usar equipos de medición que permitan una precisión de a lo menos el 1% (en peso o volumen) de la cantidad medida.

Al ser utilizados con otros aditivos, éstos deben incorporarse a la mezcla en forma separada.

e. Ensayos y tolerancias

Para este punto es válido lo descrito para los aditivos hidrófugos de masa.

Ensayos que certifican productos

- 1) Controlar las características y clasificación del aditivo a través de la norma Nch 2182 Of 95 "Hormigón y mortero - Aditivos - Clasificación y Requisitos", los cuales deben calificar según clases A,D,E,F,G.
- 2) Impermeabilidad, según norma Nch 2262 - 1997, descrita en el anterior punto 1.1.e.

f. Control en terreno y mantención

Proceder en forma idéntica a hidrófugos de masa (ver 1.1.f y 1.1.g)

1.3 Aditivos a Base de Polímeros Sintéticos

a. Descripción

Este tipo de aditivos están indicados principalmente para morteros de estuco, pega de albañilerías, nivelación (pisos) o reparación. Cumplen funciones como co-ligantes, mejorar propiedades sellantes, resistencias mecánicas (compresión y flexotracción), retentividad de agua (reducción de evaporación acelerada), cohesión interna, adherencia, flexibilidad e impermeabilidad.

Estas propiedades son de suma importancia para el adecuado comportamiento global y no sólo buscar propiedades individuales, como por ejemplo la resistencia a la compresión o impermeabilidad, debido a las sollicitaciones y funciones que cumple el mortero dentro del muro.

b. Características físico químicas

Son cadenas poliméricas que se fusionan una con otra, así como con los elementos cementicios y petreos, formando una red estructurada continua. Pueden ser de tipo acrílico, estireno-acrílico o estireno-butadieno, ya que éstos resisten la degradación del polímero en un ambiente alcalino (resistencia a la saponificación) y/o otras bases químicas solubles en agua que cumplan con los requisitos definidos para este tipo de productos.

Si bien la mayoría de estos aditivos son líquidos, existen en el mercado polímeros en polvo, los cuales se adicionan principalmente en algunos morteros predosificados.

Debido a algunas prácticas mal instauradas, de antemano se advierte que productos vinílicos como cola fría **no son apropiados** para estas aplicaciones.

c. Aplicaciones

Morteros y pastas en donde se requiera mayor impermeabilidad y al mismo tiempo mayor adherencia, estabilidad de la mezcla y/o flexibilidad, tales como morteros de pega, radieres, para sobrelosas, rellenos de albañilerías.

También podrán utilizarse en estucos, siempre y cuando la formulación del estuco resultante posea una capacidad de difusión de vapor de agua igual o mayor que la base que lo sustenta, ensayado según norma DIN 52615.

d. Preparación de la mezcla

Requiere la misma preparación que cualquier mortero y la aplicación y dosis depende de la recomendación del fabricante y/o la

concentración de sustancia activa del producto. La incorporación del aditivo se realizará en el momento de la mezcla a través del agua de amasado.

e. Ensayos y tolerancias

Para este punto es válido lo descrito para los aditivos hidrófugos de masa y reductores de agua.

Ensayos que certifican productos

- 1) Impermeabilidad, según norma Nch 2262 - 1997, descrita en punto 1.1. e.
- 2) Resistencia a alcalinidad. Para tal efecto se sugiere ensayar según el método descrito en el reglamento del Ministerio de Transportes de Alemania TP OS, Edición 1990, bajo el punto 6.12. y posterior ensayo Nch 2262-1997, sin que el mortero modificado se vea afectado por la alcalinidad.
- 3) En estucos colocados sobre albañilerías, ensayos según norma DIN 18550, parte 1, punto n° 4.2.2.5 deberán poseer una resistencia a la compresión de mínimo 5 N/mm^2 y en lo posible no sobrepasar 10 N/mm^2 (ensayado según DIN 18555 parte 3)
- 4) Adherencia (arrancado) del mortero modificado en ladrillo prensado o bloque de mortero deberá ser superior a $1,5 \text{ N/mm}^2$ después de 28 días de curado, tanto en mortero de estuco como de pega.
- 5) La resistencia a la compresión en morteros de pega deberá aumentar en mínimo 15% respecto a patrón sin aditivo después de 28 días de curado.
- 6) Retracción mortero modificado con aditivo (después de 84 días) y ensayado según DIN 52450, deberá ser igual o inferior a $1,2 \text{ mm/m}$
- 7) Ensayado según norma DIN 52615, el mortero de estuco modificado con estos aditivos, debe poseer una capacidad de difusión de vapor de agua igual o mayor que la base que lo sustenta.

f. Control en terreno y mantención

Proceder en forma idéntica a hidrófugos de masa y reductores de agua (ver 1.1.f y 1.1.g)

II. *Tratamientos Superficiales*

2

2.1 *Hidrorrepelentes*

a. Descripción

Hidrorrepelentes son aquellos tratamientos, que como su nombre lo indica, no tienen afinidad con el agua o modifican la tensión superficial del material de construcción de tal forma, que reducen significativamente la absorción de agua por capilaridad. Su efectividad depende entre otros de su resistencia a la alcalinidad y rayos ultravioleta, grado de penetración y anclaje de la sustancia activa, así como del tamaño de poros y fisuras.

b. Características físico químicas

Por la gran variedad de sustancias activas existentes en el mercado, resulta demasiado extenso hacer una clasificación de éstas. Dentro de las más importantes se tienen:

- Polímeros sintéticos principalmente a base de resinas acrílicas, vinílicas, vinil-acrílicas y estireno-acrílicas, algunas de las cuales son modificadas con siloxanos, ceras micronizadas y con absorbedores de rayos UV. Es importante hacer notar, que las resinas vinílicas generalmente no poseen una buena resistencia a la alcalinidad y una resistencia al agua muy inferior a las resinas que contienen preponderantemente componentes acrílicos.
- Ceras micronizadas, solubles en solventes como en agua. Es relevante dar a conocer, que muchas ceras poseen una buena repelencia al agua inicial, pero que no poseen sistemas de anclaje a la base y son rápidamente degradadas por la radiación ultravioleta.
- Siliconas como siliconatos, resinas, siloxanos, siloxanos oligómeros y mezclas de silanos/siloxanos oligómeros, todos no formadores de película. Cabe mencionar y advertir, que los siliconatos (metil-siliconatos de sodio o potasio) **son inapropiados** para el tratamiento superficial de fachadas, dado que no poseen buena resistencia a la alcalinidad y poseen los riesgos de su alta alcalinidad (pH 12-13) debido a las sales que contienen, las cuales incluso podrían producir manchas blancas casi imposibles de remover. La concentración de sustancia activa en siliconas debiera ser mínimo 2,5% y hasta 5% para tratamientos en fachadas.

Estos hidrorrepelentes deben cumplir los requisitos ante solicitud de absorción de agua por capilaridad, aguas lluvia con presión de viento y baja resistencia a la difusión de vapor de agua, descritas en el punto ensayos. Aún cuando no son factores normados, estos tratamientos no debieran modificar el aspecto original de la fachada (factor

arquitectónico) y permanecer pegajosos (captación de suciedades).

Por último es importante señalar, que el "efecto perlante" **no es un medio de evaluación** de hidrorrepelentes, dado que independiente de su subjetividad está comprobado que productos sin ningún "efecto perlante", alcanzan resultados de reducción de absorción de agua sobresalientes. En parte esto se explica porque al penetrar profundamente en la red de poros y capilares, la acción hidrófoba se desarrolla al interior del muro y no en la superficie.

c. Aplicaciones

Son productos que se utilizan para reducir la absorción de agua en todo tipo de material inorgánico de construcción, tales como:

- fachadas de ladrillo o echapes a la vista
- imprimación hidrófoba de pinturas látex, así como de revestimientos texturados e impermeabilizantes formadores de película (ver 2.2.), tanto en albañilerías, hormigón, estucos y fibrocemento
- planchas acanaladas de fibrocemento
- tejas de concreto y arcilla
- baldosas cerámicas no vitrificadas
- enlucidos de yeso

Se aplican preferentemente en superficies verticales o inclinadas. No están recomendados sujetos a condiciones de presión hidrostática permanente.

d. Preparación de la superficie y aplicación

Previo a su aplicación se deberá ejecutar un saneamiento de fisuras, grietas y orificios con un ancho/diámetro igual o superior a 0,3 mm, utilizando mortero modificado con aditivo a base de un polímero sintético (ver 1.3.). Especialmente en grietas y orificios, también podrán utilizarse selladores acrílicos o poliuretano con buena resistencia al intemperismo, en cuyo caso éstos se colocan no antes de 24 hrs de aplicado el hidrorrepelente (se procede inversamente). Se eliminan algas, moho, líquenes, utilizando fungicida libre de tensioactivos. Tomando las precauciones del caso, como fungicida se podrá utilizar hipoclorito de sodio o formalina al 1%. Retirar eflorescencias de sales y cales en forma mecánica (escobilla de acero). Idealmente se procederá a lavar con hidrolavadora **con vapor**. Como última opción se puede utilizar ácido muriático diluido 1:4 en agua, pero preocupándose de enjuagar muy bien la superficie con abundante agua.

Dejar secar la superficie al menos 48 hrs. Para la aplicación del hidrorrepelente, la superficie deberá encontrarse al menos seca a la vista. Hay que considerar que en cuanto más seca se encuentre la superficie, tanto mayor será la profundidad de la impregnación hidrorrepelente y por lo tanto su durabilidad.

Estos productos pueden aplicarse mediante pulverización (regado fino), brocha o rodillo. Idealmente se procederá con bomba de espalda a muy baja presión, aplicando mínimo dos manos consecutivas "húmedo sobre húmedo", es decir, se aplicará la segunda mano estando aún húmeda pero no brillante la primera mano, saturando bien la superficie.

Trabajar de arriba hacia abajo, en superficies previamente bien delimitadas, preocupándose que la boquilla del pulverizador se encuentre entre 10 y 15 cm de distancia de la superficie, evitando realizar trabajos con riesgo de lluvia.

Proteger de lluvia por mínimo 24 hrs y no someter a ensayos de terreno antes de siete días.

El rendimiento depende de la capacidad de absorción de la base. En materiales con poros o fisuras con un diámetro/ancho sobre 0,3 mm, su efecto se reduce significativamente o incluso puede ser nulo.

e. Ensayos

Este tipo de productos se debe controlar por los ensayos que se detallan a continuación. Cabe mencionar, que las siguientes normas son métodos de ensayo en los cuales se deben comparar materiales tratados con los hidrorrepelentes y un patrón equivalente (no tratado), poniendo énfasis en ensayar ladrillos prensados y artesanales, hormigón y morteros.

Como criterio de lograr un balance de bajo contenido de humedad en los muros, así como de durabilidad de al menos 5 años de los tratamientos, se han definido los siguientes criterios:

- reducción de absorción de agua de mínimo 70%, idealmente 90%
- no reducir la capacidad de difusión de vapor de agua del material tratado en más de 10%
- poseer buena resistencia a la alcalinidad y rayos UV, así como una buena adherencia

Ensayos que certifican a los productos

Para todo tipo de hidrorrepelentes:

- 1) DIN 52617, determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad en materiales de construcción. La reducción de absorción a 24 hrs de exposición y respecto al patrón sin tratamiento, deberá ser de al menos 90%.
- 2) DIN 52103, método A, punto n° 6.3.1., determinación de absorción de agua bajo presión (simula lluvia con viento). La reducción de absorción a 2 y 12 hrs de exposición y respecto al patrón sin tratamiento, deberá ser al menos 70%, idealmente 90%.
- 3) DIN 52615 o equivalente, determinación de permeabilidad al

vapor de agua de materiales de construcción y aislación. El tratamiento no debe reducir la capacidad de difusión de vapor de agua del material original en más de 10%.

- 4) Resistencia a la alcalinidad. Se sugiere ensayar según el método descrito en el reglamento del Ministerio de Transportes de Alemania TP OS, Edición 1990, bajo punto 6.12., en que después de exposición a la alcalinidad, la determinación de absorción de agua a las 24 hrs, arroje una reducción de absorción de mínimo 70% e idealmente superior a 90%

Ensayos **adicionales** para hidrorrepelentes formadores de película y en base a ceras micronizadas:

- 1) Envejecimiento artificial según norma ASTM G-53, envejecimiento acelerado por radiación UV-B (0,63 W/m²/nm), donde se consideran ciertos ciclos de exposición. Posterior a la exposición UV, se vuelven a ensayar bajo DIN 52617 y DIN 52103.
- 2) Adherencia. Específicamente en hidrorrepelentes formadores de película (polímeros sintéticos), se determinará la adherencia en diversos sustratos según ASTM 4541. Tolerancia: mínimo 5 kgf/cm².

f. Control en terreno

En este punto también posee validez la pipeta Karsten. Paralelo se puede realizar una prueba aleatoria con una lluvia artificial con agua a una presión de 0,13 Psi, por mínimo 15 minutos.

g: Mantención

Se establece una durabilidad mínima de 5 años en cualquier condición ambiental, debiendo ser mucho mayor en los productos de buena calidad. En aplicaciones en sectores de mediana/alta cordillera y extremo sur de Chile, el mandante debiera considerar la solicitud de ensayos de resistencia a ciclos de hielo-deshielo-sales, según ISO/DIS 4846-2 con una solución al 3% de cloruro de calcio en 30 ciclos a temperaturas entre -20°C y + 20°C. Es importante mencionar, que para este tipo de tratamientos en países europeos usualmente se utilizan hidrorrepelentes a base de siliconas, con una concentración de sustancia activa significativamente más alta (10 a 15%).

2.2 Revestimientos

a. Descripción

Son productos que protegen formando una película continua sobre la superficie, con un espesor de tratamiento que depende del número de manos y tipo de producto utilizado. En cualquier caso es una película de mayor espesor que los hidrorrepelentes formadores de película, pudiendo cubrir superficies con diámetro de poros y anchos de fisuras mayores.

b. Características físico químicas

Estos productos actúan creando una barrera laminar, formada por una película continua y elástica (permite absorber movimientos moderados y la contracción y dilatación del material de construcción, sin que se dañe la película), impermeable al agua, permeable al vapor de agua y adherida a la superficie.

Algunas bases comunes en el mercado son a base de resinas acrílicas y epóxicas, pudiendo contener además cargas inertes y pigmentos.

Por lo general poseen una concentración de materias activas entre 15 y 25%, el cual está determinado en cada material por el "PVC" (concentración de pigmentos en volumen). Mientras menor sea el PVC (expresado porcentualmente), tanto mayor será el contenido de resina.

c. Aplicaciones

Son recomendados para ser aplicados en superficies expuestas a la intemperie y en general en toda aquella en que se requiera impermeabilidad.

Se utilizan sobre superficies que deban ser protegidas del agua proveniente del exterior, además de la carbonización y la agresividad química ambiental.

Se pueden aplicar en superficies de hormigón, ladrillos bloque de mortero, tejas, fibrocemento y otras, las que pueden ser recomendadas por los fabricantes.

En la aplicación en superficies muy porosas, el fabricante deberá señalar hasta qué diámetro de poros y ancho de fisuras podrá aplicarse el producto, indicando asimismo el n° de manos y espesor final de película se requiere para tal efecto.

d. Preparación de la superficie y aplicación

La superficie debe estar seca y libre de cualquier material que impida o dificulte la adherencia del tratamiento. Además de las grasas y aceites, tendrán que eliminarse las partes sueltas.

El procedimiento más efectivo es una limpieza con agua a presión.

Es recomendable retapar previamente, todos aquellos poros mayores al límite del diámetro máximo de poros especificado por el fabricante, lo cual también es válido para fisuras. Para tal efecto se utilizará un mortero modificado con polímeros sintéticos (ver 1.3.).

Para obtener una mejor protección, se recomienda aplicar los impermeabilizantes en dos manos, ya sea con brocha o rodillo.

Para prevenir daños en la película por agua con sales provenientes desde el interior del muro, opcionalmente se recomienda realizar una imprimación hidrófoba con un hidrorrepelente de penetración profunda y que cumpla con los requisitos señalados para este tipo de productos.

e. Ensayos

- 1) DIN 52617, determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad en materiales de construcción. La reducción de absorción a 24 hrs de exposición y respecto al patrón sin tratamiento, deberá ser de al menos 90%.
- 2) DIN 52103, método A, punto n° 6.3.1., determinación de absorción de agua bajo presión (simula lluvia con viento). La reducción de absorción a 2 y 12 hrs de exposición y respecto al patrón sin tratamiento, deberá ser al menos 70%, idealmente 90%.
- 3) DIN 55945 o equivalente, determinación de permeabilidad al vapor de agua de revestimientos en sustratos inertes. El tratamiento no debe reducir la capacidad de difusión de vapor de agua del material original en más de 10%.
- 4) Resistencia a la alcalinidad. Se sugiere ensayar según el método descrito en el reglamento del Ministerio de Transportes de Alemania TP OS, Edición 1990, bajo punto 6.12 (ver hidrorrepelentes)
- 5) Envejecimiento artificial según norma ASTM G-53, envejecimiento acelerado por radiación UV-B (0,63 W/m²/nm), donde se consideran ciertos ciclos de exposición. Posterior a la exposición UV, se vuelven a ensayar bajo DIN 52617 y DIN 52103.
- 6) Adherencia. Específicamente en formadores de película (polímeros sintéticos), se determinará la adherencia en diversos sustratos según ASTM 4541. Tolerancia: mínimo 5 kgf/cm².

f. Control en terreno

En este punto también posee validez la pipeta Karsten. Paralelo se puede realizar una prueba aleatoria con una lluvia artificial con agua a una presión de 0,13 Psi, por mínimo 15 minutos.

Se debe controlar los espesores de capa definidos en los ensayos antes descritos, ya que de ellos depende la efectiva impermeabilidad en el largo plazo.

g. Mantenición

La durabilidad de estas capas de protección depende de la calidad de los productos, de los cuidados en la aplicación, del número de capas dadas, del espesor de las mismas, así como del tipo de resinas utilizadas.

Deben tener una durabilidad mínima de 5 años, aún cuando los productos de buena calidad poseen una durabilidad significativamente mayor.

2.3 Morteros Cementicios Modificados

a. Descripción

Generalmente son productos de dos componentes, uno líquido a base de resinas sintéticas y otro en polvo a base de cemento, áridos y aditivos seleccionados, para aplicación en bajo espesor (0,5 a 5 mm).

Se trata de productos predosificados listos para su uso, de excelentes propiedades de adherencia, resistencias mecánicas y durabilidad, diseñados especialmente para su uso como revestimientos impermeables de morteros, hormigones y albañilerías. Muchos de estos revestimientos pueden ser posteriormente pintados. Según las características de sus componentes y su espesor de capa, pueden resistir presión hidrostática, tanto positiva como negativa.

b. Características físico químicas

En el componente líquido, las resinas sintéticas aportan una estructura polimérica muy resistente, otorgando una mayor eficiencia en la impermeabilidad, adherencia y elasticidad. Todas estas características pueden variar según el producto o fabricante.

El componente en polvo contiene cementos y áridos seleccionados, así como aditivos especiales que varían de un fabricante a otro.

c. Aplicaciones

Por las características particulares antes descritas que deben poseer estos morteros, son recomendados como:

- revestimiento impermeable de bajo espesor sobre hormigones, morteros, albañilerías, enfierraduras y otros que deben ser analizados particularmente
- mortero de rejunteo, en la unión de albañilerías
- impermeabilizante de estructuras que permiten el flujo de aguas (canales)
- impermeabilizante de elementos que requieren ser pintados posteriormente (prestar cuidado con aquellos que contengan aditivos a base de silicatos, en los cuales se pueden presentar problemas de adherencia de pinturas)
- impermeabilizante de losas de hormigón, estanques de agua, jardineras, etc.
- según el grado de elasticidad, pueden ser indicados como recubrimiento sobre superficies con movimientos o con ciertas irregularidades, como aquellas que posean algún grado de fisuración
- independiente de poseer resistencia a presión de agua positiva, algunos productos también previenen infiltración de agua bajo presión negativa, como por ejemplo la cara interior en subterráneos, muros construidos en contra del terreno, etc.

d. Preparación de la superficie

La base debe limpiarse minuciosamente, retirando toda parte suelta o mal adherida, polvo, grasa, aceite, pinturas, membranas de curado u otras materias que impidan una buena adherencia. Dependiendo de la superficie base, estos recubrimientos cementicios pueden requerir en algunos casos un imprimado con un producto que sea capaz de producir un puente de adherencia entre la base y el recubrimiento.

En muchos de estos productos de fraguado hidráulico, será beneficioso mojar la base con agua, de tal forma que el sustrato no absorba el agua de la mezcla del recubrimiento cementicio.

El componente líquido se adiciona al componente en polvo, ya sea puro o diluido en el agua de amasado, lo que dependerá de la solución técnica o características de cada producto en particular.

Generalmente estos productos se aplican con brocha para una consistencia fluida, en espesores indicados y previamente ensayados por cada fabricante. Si se requiere la aplicación de más de una capa, cada una de éstas debe aplicarse una vez que la anterior esté seca o según indique el fabricante.

En los productos más sofisticados, no será necesario mojar la superficie durante el proceso de curado, siempre y cuando se haya adicionado el componente líquido apropiado y en una dosis correcta.

e. Ensayos

Este tipo de productos se puede controlar por los siguientes ensayos, los cuales han sido divididos en ensayos para aplicaciones en fachadas (hormigón, estuco, albañilería) y en forma informativa para superficies sometidas a presión hidrostática permanente. Los ensayos se realizarán idealmente después de un tiempo de curado de 28 días o el que el fabricante especifique.

Para fachadas:

- 1) DIN 52617, determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad en materiales de construcción. La reducción de absorción a 24 hrs de exposición y respecto al patrón sin tratamiento, deberá ser de al menos 90%.
- 2) DIN 52103, método A, punto n° 6.3.1., determinación de absorción de agua bajo presión (simula lluvia con viento). La reducción de absorción a 2 y 12 hrs de exposición y respecto al patrón sin tratamiento, deberá ser al menos 70%, idealmente 90%.
- 3) DIN 55945 o equivalente, determinación de permeabilidad al vapor de agua de revestimientos en sustratos inertes. El tratamiento no debe reducir la capacidad de difusión de vapor de agua del material original en más de 10%.
- 4) Resistencia a la alcalinidad. Se sugiere ensayar según el método descrito en el reglamento del Ministerio de Transportes de

Alemania TP OS, Edición 1990, bajo punto 6.12. (ver hidrorrepelentes)

- 5) Adherencia. Se determinará la adherencia en diversos substratos según ASTM 4541. Tolerancia: mínimo 5 kgf/cm².

Para superficies sometidas a presión (subterráneos, canales, jardineiras, bóvedas subterráneas, estanques de agua, etc.):

- 1) CDR-C 48-73. Tanto por el lado positivo como negativo, aplicado sobre bloque de mortero vibrocomprimido, debe resistir una columna de 350 ft H₂O (151,8 psi), sin mostrar signos de goteo.
- 2) ASTM D-4060. En este ensayo, la resistencia a la abrasión deberá ser mayor a 2.5⁴ x 10 gr por ciclo / 47 ciclos por mil (1/1.000 de pulgada)
- 3) ASTM C-190. La resistencia a la tensión deberá ser superior a 300 psi
- 4) ASTM C-109. La resistencia a la compresión deberá ser mayor a 2.500 psi

f. Control en terreno

En este punto y solo para aplicaciones en fachadas, también posee validez la pipeta Karsten. Paralelo se puede realizar una prueba aleatoria con una lluvia artificial con agua a una presión de 0,13 Psi, por mínimo 15 minutos.

En las restantes aplicaciones (bajo nivel terreno, estanques, canales, etc.), se sugiere un sistema de muestreo similar al aplicado para verificación de resistencias. Estos chequeos son de responsabilidad de la empresa constructora.

g. Mantenimiento

La durabilidad de estas capas de protección depende de la calidad de los productos, de los cuidados en la aplicación, del número de capas dadas, del espesor de las mismas, así como del tipo de resinas utilizadas.

Tienen una durabilidad mínima de 10 años, aún cuando los productos de buena calidad poseen una durabilidad significativamente mayor.

2

3.1 Tratamiento preventivo

humedad ascendente desde el terreno

Opción 1:

Tratamiento de hormigones en cimientos, sobrecimientos y radieres con aditivos hidrófugos y o reductores de agua, los cuales probadamente eviten la absorción capilar de agua desde el terreno. En todo caso deberán cumplir con los requisitos señalados en los puntos nº 1.1.e) y 1.2.e)

Opción 2:

Tratamiento superficial de cara horizontal y vertical del sobrecimiento, así como de radieres con hidrorrepelentes, que cumpla con una reducción de agua por capilaridad superior a 90% (DIN 52617) y posean una excelente resistencia a la alcalinidad (TP OS, Edición 1990).

En el uso de este tipo de tratamiento, será imprescindible utilizar un puente de adherencia (lechada de cemento modificada con resina sintética o resina sintética pura sin esperar que se seque) previo a la colocación de la primera hilada de ladrillo, bloque de mortero (en muros) y de cerámicos pegados con mortero (radieres). El uso de este puente de adherencia se puede obviar, en caso que el mortero de pega sea modificado con una dosis adecuada de polímero sintético idóneo.

Opción 3:

Tratamiento superficial de cara horizontal y vertical del sobrecimiento, así como de radieres con mortero cementicio modificado, que cumpla con una reducción de agua por capilaridad superior a 90% (DIN 52617) y posean una excelente resistencia a la alcalinidad (TP OS, Edición 1990).

Este tipo de tratamiento puede ser muy beneficioso, cuando además de capilaridad, existe presión ejercida por agua de napas subterráneas.

3.2 Tratamiento de baldosines cerámicos no vitrificados

Con el objetivo de prevenir eflorescencia de sales y cales provenientes desde el mortero de pega, el procedimiento ideal será exigir al fabricante del baldosín un tratamiento monolateral (cara a la vista) con un producto hidrorrepelente que certifique una reducción de agua por capilaridad superior a 90% (DIN 52617), que no reduzca la capacidad de difusión de vapor de agua del baldosín en más de 10%

(DIN 52615) y que posea una penetración de tratamiento de al menos 1 mm (verificación mediante corte transversal y humedecimiento de la sección cortada).

Ya instalados los baldosines tratados se fraguarán las canterías y ya curadas, se procederá a tratar estas canterías con un hidrorrepelente que cumpla con los mismos requisitos descritos antes señalados.

En caso que el baldosín no posea un tratamiento hidrorrepelente idóneo de fábrica, éstos se instalarán y fraguarán como es habitual. Después de un período mínimo de 7 días, se aplicará ácido muriático diluido 1:4 en agua, dejándolo actuar por mínimo 1 hora y máximo 12 horas.

Posteriormente se enjuagará la superficie con abundante agua, dejando secar la superficie. Si después del secado eflorescen sales en algunos sectores, repetir procedimiento con ácido muriático en forma localizada.

Ya seco a la vista (sin manchas de humedad), sin efluorescencia de sales y libre de suciedades, proceder a tratar todo el piso con hidrorrepelente (ver descripción de uso en punto 2.1.d) y que cumpla con los requisitos descritos en el párrafo anterior.

3.3 Tratamientos de Fachadas

El tratamiento de fachadas, sean éstas de hormigón, estucadas o albañilería, a la vista o revestidas con enchapes de ladrillo, pintura látex o texturada, así como con revestimientos impermeables formadores de película de espesor de capa gruesa, los criterios básicos serán los siguientes:

- tratamiento con hidrorrepelente, ya sea para superficies a la vista o como imprimante hidrófobo previo a pinturas látex y texturados
- los hidrorrepelentes deberán cumplir los requisitos descritos en el punto n° 2.1. e)
- para revestimientos impermeables formadores de película de espesor de capa gruesa, la imprimación hidrófoba con hidrorrepelente idóneo será opcional y dependerá de la capacidad del revestimiento a resistir el ataque de sales y cales provenientes desde el interior del muro. En cualquier caso, estos revestimientos deberán cumplir los requisitos descritos en el punto n° 2.2. e)
- revestimientos con morteros cementicios modificados por lo general no requieren de una imprimación hidrófoba con hidrorrepelentes. Deberán cumplir con los requisitos descritos en punto 2.3.e) fachadas.
- en albañilerías, los morteros de pega deberán ser provistos de un aditivo a base de polímeros sintéticos vía agua de amasado, en dosis suficiente para que cumpla con los

requisitos descritos en el punto n° 1.3. e). Estos polímeros sintéticos también debieran ser utilizados en morteros de pega de enchapes de ladrillo. En estucos esta alternativa es opcional pero recomendable

- en albañilerías, los ladrillos y bloques de mortero utilizados, deberán cumplir con las normativas vigentes
- en el uso de estucos en albañilerías, se sugiere estudiar la factibilidad de utilizar morteros menos densos y más plásticos, modificando a 1:4 a 1:5 la razón ligante (cemento o cal hidráulica + cemento) : arena. El objetivo es lograr un estuco con una resistencia igual o menor al substrato que lo sustenta, evitando así que el estuco se convierta en una costra rígida, la cual originará retracciones altas, las que a su vez conducirán a fisuramientos. Por otra parte, al trabajar con un estuco de alta densidad como es el de morteros de cemento arena en proporción 1:3, se logra una casa aislación térmica y una muy baja permeabilidad al vapor de agua.

Estos dos factores contribuirán por lo tanto al fenómeno de condensación de humedad en el interior de viviendas.

Las exigencias a estos estucos exteriores menos densos (1:4 a 1:5), por lo demás están descritos en DIN 18550, parte 1, n° 4.2.2., norma que podría ser considerada para los estudios respectivos.

Debido a su menor densidad, siempre deberán ser tratados con un hidrorrepelente que cumpla con los requisitos señalados en el punto n° 2.1.e), pero debido a esta misma menor densidad, estos estucos serán capaces de eliminar más rápidamente la humedad proveniente del interior del muro, contribuyendo así a una mejor aislación térmica.

- En la unión de albañilerías en los cuales se presenten problemas de fisuración o disgregación del mortero de junta, o bien una separación del ladrillo o bloque de mortero, se preferirán los morteros cementicios modificados para realizar faenas de rejunteo

Procedimiento:

a) Preparación de superficies:

- saneamiento de fisuras, grietas y orificios con un ancho/diámetro superior a 0,3 mm. Utilizar mortero modificado con aditivo a base de polímeros sintéticos, adicionado a través del agua de amasado. Después del tratamiento hidrófobo de fachadas, este saneamiento también podrá realizarse con selladores acrílicos o poliuretano con buena resistencia al intemperismo.
- eliminar algas, mohos, líquenes u otros microorganismos, utilizando un fungicida libre de tensioactivos (p.ej. hipoclorito de sodio o formalina), tomando todas las precauciones del caso
- retirar eflorescencia de sales y cales en forma mecánica (escobilla de acero), hidrolavadora con vapor y en su

defecto, con ácido muriático (proceder igual que en baldosines cerámicos; ver punto anterior).

- eliminar todo tipo de suciedades, grasas, aceites y restos de pinturas sueltas, ya que podrían afectar adherencia o penetración de alguno de los tratamientos

b) Medidas de protección:

- en la aplicación de productos base solvente, se deberá insistir en el uso de máscaras protectoras contra inhalación de gases, así como en el uso de anteojos protectores por parte de los operarios
- proteger ventanas y marcos, especialmente al aplicar productos mediante pulverización

c) Condiciones climáticas:

No aplicar los tratamientos con temperaturas inferiores a 5°C (condensación en superficies frías podría afectar penetración o adherencia de algunos tratamientos), como tampoco superiores a 30°C (algunos productos, especialmente a base de solventes, podrían perder eficacia). Tampoco proceder a la aplicación con lluvia o amenaza de lluvia, así como en presencia de vientos fuertes.

d) Sellado de marcos de puertas y ventanas:

El sellado de marcos de puertas y ventanas se realizará al menos 24 hrs después del tratamiento hidrófobo (salvo revestimientos con película impermeable, en donde el sello nunca debe aplicarse sobre una película). Se pondrá énfasis en antepechos y especialmente en todos los vanos. Este tratamiento hidrorrepelente en vanos, debiera realizarlo la empresa constructora o delegarlo con los controles correspondientes a los instaladores, especialmente de ventanas.

Nunca deberá sellarse con siliconas acéticas (olor avinagrado), dado que no poseen buena adherencia en superficies porosas y alcalinas (hormigón y estucos). Se elegirá sellador acrílico, de poliuretano o silicona neutra (que sea apropiada), que posean buena resistencia al intemperismo (agua, rayos UV y ozono).

e) Aplicación del tratamiento:

El procedimiento de aplicación de cada tratamiento dependerá de cada producto en particular, debiendo aplicarse el procedimiento indicado por el fabricante, en donde el producto junto a su procedimiento de aplicación debieran haber cumplido los requerimientos indicados para cada categoría.

f) Túnel Higrométrico:

Opcionalmente y para calificar el comportamiento de un paramento de albañilería tratado con uno u otro producto o procedimiento, se

sugiere evaluar su estanqueidad según Túnel Higrométrico respecto a la investigación del proyecto especial n° 9 de la Organización de Estados Americanos (OEA), el cual simula condición de viento y lluvia de acuerdo a zonas climáticas. Se insiste que este ensayo es opcional y que serviría para evaluar la eficacia del conjunto de medidas de diseño, constructivas y de tratamientos en su globalidad.

693.893
CChC
C172
CA



AUTOR C.Ch.C.

TITULO Efecto del Agua Lluvia

N° TOP. 07819



0005325



699
464 B