

# HUMEDADES

Luis Humberto Casas Figueroa



Programa Editorial

Para garantizar un buen comportamiento hídrico de la edificación, corregir y evitar su deterioro en el tiempo lo mejor es que el agua no esté presente, es decir que no la toque, si la toca ésta no penetre, que si penetra no se traslade, o sea, no circule y que si circula se mueva para que se evapore rápidamente. Para que esto ocurra necesariamente tenemos que evitar su presencia en cualquier estado, sólido, líquido, gaseoso, aislarla del elemento constructivo para que no penetre, usando materiales impermeables y estancos, sellando los poros y cualquier vía de penetración e impidiendo su circulación y difusión, finalmente garantizando un buen secado a partir de una buena asoleación y ventilación que permita una rápida evaporación.



# HUMEDADES

Arquitectura y Urbanismo  
Construcción

## **Luis Humberto Casas Figueroa**

Arquitecto, Magister en Administración de Empresas, Universidad del Valle. Estudios de Postgrado en Construcción, Curso CEMCO 92, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja - Madrid, España. Profesor Titular del Departamento de Tecnología de la Construcción, Escuela de Arquitectura, Facultad de Artes Integradas, Universidad del Valle. Ha sido Decano de la Facultad de Artes Integradas, Decano (E) de la Facultad de Arquitectura, Director de la Escuela de Arquitectura, Jefe del Departamento de Tecnología de la Construcción de la Universidad del Valle; Consultor de empresas del sector de la construcción; constructor de obras de edificación en sus diferentes escalas; integrante del grupo GRESS, hoy G-7 grupo de investigación reconocido por COLCIENCIAS y coordinador del grupo de investigación AMSESTRA. Vicepresidente de la junta directiva de la Asociación Colombiana de Facultades de Arquitectura ACFA; presidente del consejo directivo de la Asociación Colombiana de Facultades de Artes ACOFARTES. Autor de los libros: *La Mampostería Estructural y el Proceso de Edificación*, 1989, *Suelos y Cimentaciones*, 2001, *Evaluación de Sistemas Constructivos - Metodología*, 2004. Premio Fundación MAPFRE al mejor Proyecto de Seguridad en la Construcción de 1992 Madrid, España. Medalla Santiago de Cali, Cruz de plata, Consejo Municipal de Santiago de Cali, 2011.

# HUMEDADES

Luis Humberto Casas Figueroa

Arquitectura y Urbanismo  
Construcción

Casas Figueroa, Luis Humberto.

Humedades / Luis Humberto Casas Figueroa. -- Santiago de Cali : Programa Editorial Universidad del Valle, 2012.

190 p. ; 24 cm. – (Ciencias Naturales y Exactas)

Incluye bibliografía.

1. Humedad (Climatología) - Medición 2. Humedad atmosférica - Análisis 3. Humedad en los edificios 4. Impermeabilización I. Tít.

II. Serie.

551.571cd 21 ed.

A1336427

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

**Universidad del Valle  
Programa Editorial**

Título: *Humedades*

Autor: Luis Humberto Casas Figueroa

ISBN: 978-958-765-034-1

ISBN PDF: 978-958-765-584-1

DOI:

Colección: Arquitectura y Urbanismo - Construcción

Primera Edición Impresa noviembre 2012

Edición Digital febrero 2018

Rector de la Universidad del Valle: Édgar Varela Barrios

Vicerrector de Investigaciones: Jaime R. Cantera Kintz

Director del Programa Editorial: Francisco Ramírez Potes

© Universidad del Valle

© Luis Humberto Casas Figueroa

Diseño, ilustraciones y diagramación: María del Mar Mera Rodríguez

Corrección de estilo: Juan Carlos García M. - G&G Editores

Este libro, o parte de él, no puede ser reproducido por ningún medio sin autorización escrita de la Universidad del Valle.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad del Valle, ni genera responsabilidad frente a terceros. El autor es el responsable del respeto a los derechos de autor y del material contenido en la publicación (fotografías, ilustraciones, tablas, etc.), razón por la cual la Universidad no puede asumir ninguna responsabilidad en caso de omisiones o errores.

Cali, Colombia, febrero de 2018

# CONTENIDO

13 Presentación

15 Prólogo

## 21 CONSIDERACIONES GENERALES

1

24 El clima

24 Elementos climáticos y parámetros medioambientales

26 Humedad y temperatura

32 Zonas climáticas y clima

36 Clima y edificación



## 39 DEFINICIÓN, FUENTES, FORMAS, MECANISMOS Y EFECTOS

2

41 Definición

42 Fuentes de humedad

42 Humedad de filtración

45 Humedad capilar

48 Humedad de condensación

53 Humedad accidental o de uso

56 Humedad de obra



# CONTENIDO

Formas de manifestarse la humedad	57
Mecanismos de penetración de la humedad	69
Efectos de la humedad en los materiales	70
Estructura interna de los materiales	71
Efectos nocivos	72
Efectos de la humedad en la salud	75
Humedad, salud y enfermedad	75
El síndrome del edificio enfermo	79

3

DIAGNÓSTICO DE HUMEDADES 81



Reconocimiento del sitio y de la edificación	82
Características del lote y su entorno	82
Características de la edificación	82
Inspección, localización e identificación y caracterización de la humedad	83
Inspección	83
Localización e identificación	83
Caracterización	84
Correlación entre variables	86
Diagnóstico de humedades	86
Ensayos de comprobación del pre-diagnóstico	86
Deducción de las causas y diagnóstico	88
De orden general	88
De orden particular	88
Propias de los elementos constructivos	88

# CONTENIDO

## 95 REPARACIÓN DE HUMEDADES

4

97	Humedad por filtración
97	Evidencias
98	Humedades en fachadas
98	Humedades en muros de contención
99	Humedades en cubiertas
100	Anulación de la causa
100	Humedades en fachadas
104	Humedades en muros de contención
105	Humedades en cubiertas
109	Reparación de los efectos
109	Recomendaciones
109	Fachadas
110	Muros de sótanos
112	Cubiertas
113	Humedad capilar
114	Evidencias
118	Humedad del suelo
118	Humedad en sótanos
119	Humedad en cimientos
120	Anulación de las causas



# CONTENIDO

Humedad del suelo	120
Humedad en sótanos	123
Reparación del efecto capilar	129
Recomendaciones	129
 Humedad por condensación	 131
Evidencias	132
Anulación de las causas	134
De la condensación superficial interior	134
De la condensación intersticial	134
De la condensación higroscópica	134
Reparación del efecto	135
Recomendaciones	136
 Humedad accidental o de uso	 138
Evidencias	139
Anulación de las causas	140
Reparación del efecto	142
Recomendaciones	142
 Humedad de obra	 143
Evidencias	144
Anulación de las causas	144
Reparación del efecto	145
 Herramientas de detección de humedades	 145
Sistemas pasivos de detección de filtraciones	145
Sistemas activos de detección de filtraciones	146

# CONTENIDO

147

## CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO

5

148	Cimentaciones y sótanos
148	Características del suelo
149	Sistemas de drenaje y evacuación
150	Sistemas de impermeabilización
151	Encuentro del suelo con los muros
151	Encuentro entre suelos y muros divisorios interiores
152	Tratamiento del perímetro
152	Sellado de juntas
152	Fachadas
152	Arranque de la fachada
153	Encuentro de la fachada con la losa
153	Encuentro de la fachada con columnas
154	Aleros y cornisas
155	Antepechos y remates superiores
155	Encuentro de la fachada con la carpintería
156	Juntas de dilatación
157	Anclajes a la fachada
157	Cubiertas
157	Condiciones de las soluciones constructivas de cubierta
158	Condiciones de los componentes del sistema de formación de pendientes
158	Aislante térmico
159	Capa de impermeabilización
159	Cámara de aire ventilada
159	Capa de protección
160	Condiciones de los puntos singulares
161	Juntas de dilatación
161	Cubiertas planas
165	Cubiertas inclinadas
171	Glosario
187	Créditos de fotos
193	Referencias



PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA

## **PRESENTACIÓN**

Las humedades son una expresión manifiesta en las edificaciones por la presencia de agua en forma líquida, sólida o gaseosa; como patología está asociada a la calidad del proyecto, de los procesos constructivos, a la durabilidad de los materiales y a las acciones de mantenimiento que en su vida útil se les realice para garantizar su funcionamiento y sus condiciones de habitabilidad.

El título Humedades define la intención principal del libro, que es la de caracterizarlas, reconocer sus signos y síntomas, señalar sus distintas fuentes, las causas y efectos a través de las cuales se puede entender este fenómeno singular que suele presentarse en las edificaciones.

El objetivo es dar los elementos conceptuales, establecer los principios básicos y esenciales para la toma de decisiones de diseño y construcción de edificaciones, así como de las intervenciones en el producto terminado, ya sean éstas de mantenimiento, reparación, rehabilitación o restauración, de tal manera que el fenómeno de la humedad no esté presente en ellas, y así extender o garantizar su vida en el tiempo.

El libro resulta oportuno en la época actual donde se habla de construcciones sostenibles, el síndrome del edificio enfermo, lo cual pasa necesariamente por mantener, aumentar y garantizar su vida útil y por lo tanto su durabilidad, sus condiciones de seguridad y habitabilidad. Está dirigido a los profesionales, técnicos que participan en los procesos de producción de obras de edificación y a los estudiantes de Arquitectura e Ingeniería Civil.

Este libro se ha elaborado a partir de los conocimientos adquiridos en el CEMCO 92, en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, en mi experiencia profesional como arquitecto en el campo de la construcción y en mi trabajo docente e investigativo en la Universidad del Valle. En su desarrollo se

contó con el auspicio de SIKA COLOMBIA S. A., la colaboración del Ingeniero Carlos Felipe Medina, de la estudiante de Diseño Gráfico María del Mar Mera, a quienes les agradezco, e igualmente a los Arquitectos Rodrigo Uribe A., Jefe del Departamento de Tecnología de la Construcción de la Escuela de Arquitectura; Enrique Sinisterra y Javier Barona, quienes conceptuaron acerca de su pertinencia, evaluaron su desarrollo, formularon observaciones e hicieron sugerencias que fueron incorporadas en la redacción y elaboración final.

Las figuras, cuadros, tablas, diagramas y fotografías que se presentan en él constituyen un medio de expresión en muchos casos más elocuentes que la palabra o el texto mismo, y han sido elaborados y seleccionadas con el propósito de completar la información escrita, facilitar la apropiación del conocimiento de manera clara, precisa y didáctica.

Finalmente, agradeceré a los usuarios del mismo las observaciones y comentarios que puedan hacer acerca del desarrollo del libro con el fin de completar o incluirlos en futuras ediciones. El uso de la información que aquí se presenta es en beneficio de sus usuarios; el uso inadecuado de la misma no es responsabilidad del autor ni del editor.

ARQ. LUIS HUMBERTO CASAS F.  
Cali, noviembre de 2011

## PRÓLOGO

Cuando estaba escribiendo este libro, había terminado la revisión bibliográfica, definido el marco conceptual y redactado casi en su totalidad los capítulos que lo componen, sucedieron hechos o se acentuaron otros que necesariamente motivaron un proceso de reflexión acerca de ellos e incidieron favorablemente en la versión final del mismo.

Uno de estos hechos es el Fenómeno de La Niña, fenómeno climático que forma parte de un ciclo natural global del clima conocido como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Este ciclo global tiene dos extremos: una fase cálida conocida como El Niño y una fase fría, precisamente conocida como La Niña. Cualquiera de ambas condiciones se expande y persiste sobre las regiones tropicales por varios meses y causa cambios notables en las temperaturas globales, y especialmente en los regímenes de lluvias a nivel global. Dichas variaciones se suceden alternativamente en períodos de cinco a siete años y se tienen registros de su existencia desde épocas prehispánicas, manifestándose en el cambio climático, lluvias copiosas y el desborde de los ríos.

El fenómeno de La Niña está asociado a condiciones más húmedas de lo normal en todo el norte de Sudamérica, incluyendo Colombia, Venezuela y el norte de Brasil. Éste también afectó las temperaturas en el Pacífico Tropical y generó cambios en las variables atmosféricas, se extendió por más

de un año y produjo la peor crisis invernal de toda la historia del país, con más de tres millones de damnificados, provocando además deslizamientos y crecientes rápidas en los piedemontes Llanero y Amazónico, así como en el norte de la región Andina; de igual forma en las cuencas bajas de los ríos Magdalena y Cauca. Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), unos once departamentos, entre los que se encuentran Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca, Boyacá y los Santanderes, han sufrido sus efectos.

Necesariamente con las intensas precipitaciones llegan las inundaciones, los deslizamientos de tierra, los desbordamientos de los ríos, riachuelos, el aumento del volumen de aguas lluvias, la destrucción de asentamientos humanos y en menor grado el deterioro de las edificaciones porque el agua penetra o asciende en ellas. Entre otros efectos, se encuentran posibles riesgos a la salud por aumento de las enfermedades tropicales.

El otro hecho, el calentamiento global, fenómeno que se viene acentuando en las últimas décadas y que hace referencia al aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos. El calentamiento global está asociado a un cambio climático que puede tener causa antropogénica o no; su principal impacto es el efecto invernadero, que se refiere a la absorción —por ciertos gases atmosféricos, prin-

cipalmente CO<sub>2</sub>— de parte de la energía que el suelo emite, como consecuencia de haber sido calentado por la radiación solar.

El efecto invernadero natural que estabiliza el clima de la Tierra no es cuestión que se incluya en el debate sobre el calentamiento global; sin él las temperaturas caerían aproximadamente en unos 30 °C; con tal cambio, los océanos podrían congelarse y la vida, tal como se conoce, sería imposible. Para que éste se produzca, es necesario la presencia de estos gases de efecto invernadero, pero en proporciones adecuadas, que no generen alteraciones en los ecosistemas. Lo que preocupa a los climatólogos es que una elevación de esa proporción producirá un aumento de la temperatura debido al calor atrapado en la baja atmósfera. El calentamiento global es un mal que afecta permanentemente a la tierra en su conjunto y de diferentes maneras, causando pérdidas humanas y materiales. Si no se toman medidas inmediatas para detenerlo, en aproximadamente 100 años habrá consecuencias desastrosas para la humanidad y para todos los seres vivos.

La excesiva expulsión de gases de invernadero como el gas metano y el CO<sub>2</sub>, entre otros, es una de las principales causas del calentamiento global, además de la tala indiscriminada de los bosques que son los “pulmones” del planeta. Se requiere atención urgente de los gobiernos de todos los países del mundo para que pongan en práctica planes y medidas ambientales para evitar que este problema continúe, además de poner en vigencia leyes contra la emisión excesiva de gases invernadero, por parte de grandes industrias y fábricas, así como promover planes que apoyen el uso del gas natural, en vez de combustibles fósiles.

Algunas de las grandes y desastrosas consecuencias debidas al calentamiento global y al ineficaz control de su avance a través del tiempo son: deslaves, como el ocurrido en el estado Vargas, en Venezuela, en 1999; terremotos, incessantes lluvias y aguaceros causados por los cambios climatológicos ocurridos en los últimos años alrededor del

planeta y que han afectado gravemente a países en Asia, donde se han presentado los últimos tsunamis; en América, los huracanes Katrina, Wilma, Rita, Mitch, así como otra serie de eventos que se están manifestando y otros muchos que podrán aparecer y dejar daños aún más graves en el mundo tales como: la variación constante del clima, veranos donde la excesiva exposición al sol causará enfermedades, incendios, sequías o el derretimiento de los polos; lluvias torrenciales que podrían causar grandes desastres.

El calentamiento global es un hecho y en el país los efectos ya son evidentes. Según datos del IDEAM y el Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Colombia, la temperatura del aire aumentó entre 0,1 y 0,2 °C por decenio durante la segunda mitad del siglo xx.

Los cambios son progresivos y las consecuencias son manifiestas; la señal más clara es el retroceso de los nevados en el país. En 1974 se disponía de un área de aproximadamente 94 Km<sup>2</sup>, en 2003 esta área disminuyó a 55 Km<sup>2</sup>. Cada año, estas zonas pierden entre 2 y 3% de su superficie. En las costas colombianas se ha registrado una tendencia al aumento del nivel medio del mar de tres a cuatro milímetros anuales en el Pacífico y uno o dos milímetros en el Caribe.

La frecuencia de las lluvias ha aumentado o disminuido en algunas regiones y la temperatura también se ha incrementado. Dichos efectos fueron evaluados de forma preliminar en la Primera Comunicación Nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 2001, cuya elaboración fue coordinada por el IDEAM.

Como último hecho está la temporada invernal a la cual ha estado sometido el país, que ha afectado en buen porcentaje a las edificaciones, generando inquietudes expresadas en consultas, quejas, comentarios de administradores, propietarios de éstas y de productores de insumos para la construcción; unos por su deterioro creciente y la aparición de situaciones no resueltas que han tenido que aceptar con resignación o

vivir con ellas; los otros por el aumento en las ventas, pero a su vez la manifestación de los usuarios en relación con los resultados poco efectivos de los productos especializados, debido a problemas de aplicación por el desconocimiento de sus bondades y contraindicaciones, recogiendo este término del argot médico.

Todo esto conllevó a una revisión del enfoque del problema y de la metodología para afrontar el estudio del fenómeno de la humedad en la edificación y de las patologías que de su presencia se desprenden.

El agua es uno de los elementos básicos para la vida de los seres vivos; sin ella no es posible la vida ni su desarrollo; es el origen de todos los procesos biológicos y ecológicos.

Desde la época antigua, se hacen referencias específicas al agua. Aristóteles define el agua como uno de los cuatro elementos básicos de la creación, junto con la tierra, el aire y el fuego; otros la consideraban como el único elemento verdadero a partir del cual se forman todos los demás cuerpos. Mirando al presente y al futuro, la vida por completo depende de ella, no es concebible ninguna actividad que no gire en torno a este preciado líquido, las ciudades, la agricultura, la industria, la generación de energía y el transporte, entre otras, la utilizan como materia prima.

El agua es, ha sido y será el factor clave del crecimiento y desarrollo de la sociedad. Sin embargo, cuando aparece en la naturaleza en forma de fenómeno, suele ser devastadora, generando grandes desastres, que ponen en peligro innumerables recursos, tales como los humanos, los paisajísticos y los de infraestructura. Ante estos embates de la naturaleza se hace necesario adoptar medidas para que se produzca el menor número de daños, de aquí que conocer cuáles son los escenarios de riesgos de un fenómeno, aporta elementos para la planificación y control de las políticas que se deben adoptar. La falta o el exceso de agua es responsable de grandes catástrofes naturales, en sequías o inundaciones, y de graves conflictos determinados por su uso y por sus usuarios, y —¿por qué

no?— del deterioro de las edificaciones y su posible colapso. La correcta gestión de “la herencia de agua” sigue siendo un reto incluso en países industrializados.

El agua hace presencia en estado líquido o gaseoso en zonas, regiones, épocas y períodos permanentes o variados. Para el caso de estudio, el campo de acción son las edificaciones, donde se convierte en su principal enemigo, comportándose como una constante amenaza, afectando su integridad, socavándola lenta pero incesantemente hasta el extremo de su destrucción.

Las edificaciones incorporan una piel exterior que les protege de las condiciones ambientales hidrotérmicas, del ruido, y al mismo tiempo ejerce una protección de su estructura; en ocasiones, esa piel exterior suele ser parte integral de su sistema estructural. Además constituye el aviso de la existencia de un problema, ya sea su manifestación como lesión o daño y el punto de partida de un estudio patológico.

La humedad en la edificación es causa y efecto de diversas patologías que disminuyen el confort y la salud de los usuarios a la vez que comprometen su estado. Ésta se convierte en patología cuando aparece en forma indeseada, incontrolada y en proporciones superiores a las esperadas en cualquier material o elemento constructivo. La influencia del agua en las edificaciones depende de los materiales y la forma en que han sido usados.

Hay muchas ocasiones en que una lesión es, a su vez, origen de otra y normalmente las lesiones no suelen aparecer solas. Dentro de los procesos patológicos que pueden afectar a una edificación, un apartado importante es el relacionado con las “humedades”, entendidas éstas como la existencia no deseada en los materiales o en los elementos constructivos de un contenido de agua superior al correspondiente equilibrio hídrico con su entorno.

Los materiales tienden a establecer de forma natural el equilibrio hídrico con el ambiente y con otros materiales que les rodean. Este equilibrio se alcanza mediante

los mecanismos de intercambio (captación o cesión) de agua, y a su vez están relacionados con el agua líquida: Succión, absorción o relacionados con el vapor de agua: Adsorción, difusión o evaporación.

La humedad tiene un alto impacto en la edificación, incide en su vida útil dado que es una de las causas de su deterioro en el tiempo. La construcción de edificaciones con un buen comportamiento ante ella supone una reducción de los costos de mantenimiento, así como de la frecuencia de las intervenciones por la aparición de lesiones o daños que hacen necesario realizar acciones de reparación, rehabilitación o restauración, según el caso.

De acuerdo con la agencia internacional de energía en Europa se invierten anualmente cerca de 10 billones de euros en reparaciones de daños ocasionados por la humedad en las edificaciones; además, un mal comportamiento frente a ésta supone un incremento en el consumo energético. Según las mismas fuentes, se estima que un diseño defectuoso, con problemas en su concepción y selección de materiales desde el punto de vista de la humedad podría suponer un incremento del 20% sobre el consumo previsto de una edificación de bajo consumo energético, dando lugar a unas mayores emisiones de CO<sub>2</sub>.

La humedad también afecta la calidad interior de las edificaciones y la salud de los usuarios. Los altos niveles de humedad y la condensación de agua en las superficies de muros interiores y cielo rasos pueden dar origen al desarrollo de microorganismos, tales como mohos y hongos que, aparte de la degradación y los efectos antiestéticos que producen, pueden estar relacionados con la aparición de enfermedades respiratorias y de la piel, entre otras.

Además de estos efectos sobre la calidad del aire en el interior de las edificaciones, la condensación intersticial y la acumulación de humedad en los elementos constructivos o partes de la edificación origina degradación en las condiciones de integridad de los materiales y deterioro de éstos.

La mayor parte de los daños y lesiones

que se producen en las construcciones son atribuibles a la acción nociva de la humedad. Ésta perjudica la buena conservación de las partes y de los elementos de la obra, y disminuye su protección térmica. El problema de la protección contra la humedad, por consiguiente, consiste en preservar las obras del contacto con la humedad o impedir el efecto dañino inmediato del agua y de la humedad sobre las partes de dichas obras o los materiales que las integran, así como en completar o aumentar la protección térmica.

El grado en que la humedad puede influir en las construcciones depende de las propiedades de los materiales y de la forma como se han empleado; la causa de los daños en los materiales, tanto pétreos como vegetales, reside en la capacidad o aptitud de absorción de su estructura porosa y, eventualmente, en la solubilidad de sus componentes sólidos.

Las humedades no sólo inciden en las condiciones de salubridad y confort de las edificaciones, sino que pueden llegar a afectar las condiciones de servicio. Por otra parte, el agua interviene en muchos otros procesos patológicos que pueden afectar la durabilidad de los materiales y, por extensión, de las estructuras y elementos constructivos (corrosión, disgragación, pudrición, etc.). Los problemas patológicos pueden tener su origen en los errores que se cometen en la fase de proyecto, siendo los más graves los conceptuales; en la fase de ejecución, generalmente por un control inadecuado de la misma; en la calidad de los materiales utilizados, si bien se ha conseguido disminuir esta tendencia en los últimos años; y en el mal uso y mantenimiento de las edificaciones. En otras ocasiones actúan causas naturales o excepcionales que también dejan fuera de servicio las construcciones, y sobre las que se tiene poca capacidad de prevención.

La conservación de las edificaciones está amenazada exteriormente por los siguientes factores:

- Los efectos de la intemperie.
- Las sustancias nocivas contenidas en el aire.

- La humedad del ambiente presente en el suelo o subsuelo.
- Los movimientos sísmicos
- El incendio y caída de rayos.

En el interior de las edificaciones pueden producirse daños por:

- Escapes o inundaciones de agua (procedente de instalaciones sanitarias o de la instalación de agua caliente o fría).
- Exceso de humedad en el aire ambiente y en varios elementos constructivos.
- Vibraciones y ruidos en la propia edificación.
- Incendio y explosión.

Las fuentes de humedad pueden ser diversas: lluvia, condensación, ascensión capilar desde el contacto con el suelo, además de las inundaciones y fallas en las conducciones de agua. Como problema adicional, en pocas ocasiones se produce el transporte de agua pura, que en caso de secarse el elemento y sus materiales constitutivos dan lugar a la cristalización de sales, presentándose eflorescencias, deslaminación o desintegración de estos.

Determinados incidentes que suelen producirse en las edificaciones forman parte de un proceso de envejecimiento general, que se puede considerar natural; sin embargo, en algunos casos, tales incidentes son provocados por errores en los criterios constructivos aplicados.

La casi nula cultura del mantenimiento ha dado lugar a un proceso de envejecimiento que se ha acelerado en las edificaciones porque éstas se hallan expuestas permanentemente a los agentes atmosféricos. Una falta de mantenimiento puede conducir a envejecimiento prematuro a riesgo de desprendimientos de elementos y, por lo tanto, de peligro para los transeúntes.

Como respuesta a todos estos problemas originados por la humedad y en el desarrollo de los preceptos de la construcción sostenible y del edificio enfermo se ha elaborado el presente libro, el cual tiene como objetivo dar los elementos conceptuales acerca de la

humedad, identificar sus efectos, conocer las diferentes fuentes que la originan y sus distintas manifestaciones que permitan caracterizarla, determinar los elementos para la toma de decisiones en cualquiera de las fases del proceso de producción de obras de edificación, la planeación, la ejecución y el funcionamiento; aunque es en esta última donde la humedad se hace presente, muchas situaciones se pueden prever y por lo tanto evitar. A partir de su reconocimiento, se diagnostica y se establecen las sugerencias acerca de las posibles intervenciones, acompañadas de recomendaciones de diseño.

El libro se estructura en cinco capítulos. En el primero se hace una serie de consideraciones de orden general en cuanto al proceso de producción de obras de edificación; el clima, incluidos los elementos climáticos tales como la radiación solar, el viento, la temperatura, la humedad, las precipitaciones; el concepto de humedad y temperatura; las diferentes zonas climáticas: zonas frías, templadas, cálidas y los diferentes climas; el clima y la edificación.

En el segundo, se define el concepto de humedad; las diferentes fuentes de orden físico que la originan: la humedad de filtración, la capilar, la de condensación, la accidental o de uso, y la de obra; las doce distintas formas de manifestarse; los mecanismos de penetración: Adsorción, difusión, evaporación, convección, absorción, y succión capilar; los efectos nocivos de la humedad en los materiales y la salud, y el concepto del síndrome del edificio enfermo.

El tercero se refiere al diagnóstico de humedades, al reconocimiento del sitio y la edificación: las características del lote y su entorno, las características de la edificación; la inspección, localización y caracterización de la humedad; la correlación entre variables; el diagnóstico de humedades, el pre-diagnóstico, los ensayos de comprobación; la deducción de las causas, de orden general, de orden particular y las propias de los elementos constructivos: cimentaciones y sótanos, pisos, muros de fachada, muros interiores, vanos, puertas y ventanas, cubiertas y

terrazas. El objetivo es la sistematización de los criterios de reconocimiento-inspección-diagnóstico para la posterior intervención en función del elemento constructivo; primero como entidad autónoma, y posteriormente como elemento que forma parte de un conjunto más amplio, que es la edificación.

En el cuarto capítulo se aborda el tema de la reparación de humedades, dependiendo de cada una de las fuentes (filtración, capilaridad, condensación, accidental o de uso, obra) que la originan, su reconocimiento a partir de sus manifestaciones, las evidencias o los síntomas, la definición del tratamiento o terapéutica con la anulación de las causas y la reparación del efecto que se presenta en cada elemento constructivo: Cimientos, muros de contención, fachadas (paños ciegos, remates superiores, relieves, balcones, vanos), cubiertas planas o inclinadas (aleros, pretilles, cierres de vanos) para finalmente hacer una serie de recomendaciones que eviten su presencia. El objetivo es que a partir del diagnóstico y la determinación de las causas que generaron las lesiones, se aplique una terapia doble que elimine las primeras y repare las segundas.

En el quinto se hacen una serie de consideraciones y recomendaciones de diseño por cada elemento o parte de la edificación; cimentaciones y sótanos: características del suelo, tipo de cimentación, sistemas de drenaje y evacuación, sistemas de impermeabilización, encuentro del suelo con los muros, encuentro entre suelos y muros divisorios interiores, tratamiento del perímetro, sellado de juntas; fachadas: Arranque de fachada, encuentro de la fachada con la losa, con columnas, aleros y cornisas, antepechos y remates superiores, encuentro de la fachada con la carpintería, juntas de dilatación y anclajes; cubiertas: Condiciones de las soluciones de cubierta, de los componentes del sistema de formación de pendientes (aislante térmico, capa de impermeabilización, cá-

mara de aire ventilada, capa de protección), condiciones de los puntos singulares (juntas de dilatación, tipos de cubierta, planas, inclinadas y los diferentes tipos de encuentro (cubierta con el borde lateral, con sumidero y canal, rebosaderos), encuentro de la cubierta con elementos pasantes (anclajes, rincones y esquinas, accesos y aberturas, lucernarios), encuentro de la cubierta con un paramento vertical, aleros, bordes.

En conclusión, y como consecuencia de lo anterior, y en su base, está la afirmación del convencimiento que reparar una lesión constructiva no es taparla ni demoler lo deteriorado y sustituir —práctica habitual de los albañiles llamados por el administrador o el propietario para reparar la lesión—. Después de todo la lesión por lo general sólo es un síntoma manifiesto que esconde habitualmente múltiples causalidades, y atender sólo a su reparación deja intactas las causas que son las reales responsables y que volverán a generar lesiones si no se las descubre y elimina.

Por lo tanto, algunas tendencias que se han venido observando últimamente, sobre las que se quiere llamar la atención por la extensión e importancia de los daños que se generan y por las cuantías económicas que se necesitan para restituir la edificación o una de sus partes (cerramientos, estructura) a los niveles de exigencias funcionales, de habitabilidad y de seguridad previstas en el proyecto requieren de atención inmediata. Tal es el caso de los problemas de las humedades, muy generalizados en la edificación, y que afectan no sólo su funcionalidad y habitabilidad, sino en muchos casos también su seguridad, al generar nuevos procesos patológicos que la deterioran en su conjunto y la pueden llevar al colapso.

ARQ. LUIS HUMBERTO CASAS F.  
Cali, noviembre de 2011

## CONSIDERACIONES GENERALES

Los espacios de las edificaciones antiguas sustentadas en muros gruesos, macizos, construidos con materiales pesados, poseían propiedades que los hacían confortables porque eran secos, cálidos en invierno, frescos en verano y no dejaban transmitir ruidos. Las edificaciones actuales como consecuencia del desarrollo de las matemáticas, y de la física resultan ser más esbeltas, con paredes delgadas, producto de métodos de cálculo de una estática avanzada, basada en el conocimiento del comportamiento de los materiales que han hecho que se requieran volúmenes notablemente inferiores de secciones de elementos portantes como muros, columnas, vigas y suelos.

Lo anterior, como todo desarrollo tecnológico, lleva intrínseco nuevas situaciones por resolver, lo que implica diseñar medios

de protección contra la humedad, la temperatura, el ruido. La resolución de estas nuevas situaciones requiere de cálculo y análisis para el diseño de cada uno de los materiales, componentes y elementos que harán parte de la edificación, información que deberá ser expresada en planos precisos y completos que garanticen una buena ejecución de las obras y su operación en el tiempo.

Los espacios destinados al cumplimiento de diversas funciones que desarrolla el hombre deben ser confortables, es decir saludables y secos. La humedad resulta nociva para la mayoría de los materiales de construcción y de las instalaciones de la edificación; por ejemplo, los ladrillos de arcilla se estallan al helarse el agua en sus poros, los ingredientes solubles de los morteros se disuelven, el acero se corroe, la humedad genera hongos



y pudre la madera. De lo anterior se deduce que toda edificación y cada una de sus partes o elementos deben tener un buen comportamiento frente al agua.

Las humedades son una de las patologías más frecuentes que pueden afectar a una edificación, entendidas éstas como la existencia no deseada en los materiales o en los elementos constructivos de un contenido de agua superior al correspondiente al de equilibrio hídrico con su entorno.

Los materiales tienden a establecer de forma natural el equilibrio hídrico con el ambiente o los otros materiales que les rodean. Este equilibrio se alcanza mediante los mecanismos de intercambio (captación o cesión) de agua relacionados con el agua líquida: succión, absorción o relacionados con el vapor de agua: Adsorción, difusión o evaporación.

Las humedades no sólo inciden en las condiciones de salubridad y confort de las edificaciones, sino que pueden llegar a afectar las condiciones de servicio. Por otra parte, el agua interviene en muchos otros procesos patológicos que pueden afectar la durabilidad de los materiales y, por extensión, de las estructuras y elementos constructivos (degradación, corrosión, disgregación, pudrición, etc.).

No se conocen estadísticas a nivel local de las quejas y reclamos presentados por usuarios o propietarios relacionadas con

daños o defectos en las edificaciones en la etapa de postventa o en su uso posterior, en las cuales se solicite dar cumplimiento a las pólizas de garantía. Pero estas reclamaciones son cada día más comunes debido al aumento del nivel de desarrollo de las sociedades en cuanto a la calidad del producto y del servicio, que hacen que también aumenten las exigencias sobre los requisitos de calidad que hacen necesaria la realización de estudios o elaboración de conceptos expresados en informes técnicos y dictámenes periciales relacionados con dichos defectos. Juan Monjo Carrión (1994), en su libro *Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos*, presenta estadísticas de causas de lesiones en la edificación en España, en las cuales las humedades representan el 13% de éstas; sin embargo, si se revisa en detalle los otros tipos de afecciones, tales como desprendimientos (23%), suciedades (22%), grietas (15%), erosiones (9%), corrosión (8%), eflorescencias (5%), organismos (5%), estos también suelen estar asociados a presencia de agua en la edificación, ya sea en su aparición inicial, o en el proceso de deterioro y por lo tanto es causante de daños muchas veces irreparables que conducen a la demolición de ésta o de algunas de sus partes.

Estudios realizados en el sector de la construcción coinciden en señalar que las lesiones se originan fundamentalmente en



las fases de planeación y de ejecución. De ahí la importancia que tiene el estudio de los aspectos técnicos y constructivos para que se adopten las medidas preventivas.

Las humedades pueden aparecer en la fase de funcionamiento por problemas en las diferentes fases del proceso de producción de obras de edificación, como por ejemplo:

#### **Fase de planeación**

- Adopción de soluciones inadecuadas, no adaptadas a las necesidades de la edificación o a las condiciones geográficas del lugar o a las de su entorno inmediato.
- Escasa definición del proyecto, en cuanto a materiales y ausencia de detalles de unión, trazado de instalaciones y canalizaciones, etc.
- Incompatibilidades entre materiales con el ambiente al que quedarán expuestos.
- Descoordinación entre unidades de obra, que obligará a soluciones improvisadas durante la ejecución.
- Falta de consideración del mantenimiento.

#### **Fase de ejecución**

- Deficiente cualificación del personal.
- Errores de replanteo.
- Incumplimientos de la normativa o las condiciones de puesta en obra.
- Modificaciones de proyecto.
- Cambios de los materiales.

#### **Fase de funcionamiento**

- Ausencia de mantenimiento (de las instalaciones de evacuación, sustitución de materiales al final de su vida útil).
- Acciones indebidas sobre los materiales y elementos constructivos (impactos, interrupción de redes de evacuación, etc.).
- Cambios de uso (modificación de cargas, aportes de vapor no contemplados, modificaciones en el trazado de redes).

Vincular el comportamiento hídrico en el diseño de la edificación es reconocer que el agua como elemento presente en el ambiente es un factor de vida o destrucción y por lo

tanto la selección de materiales y el diseño de cada elemento de ésta es una de las variables de diseño arquitectónico, como lo son los criterios estéticos, el cálculo estructural, el dimensionamiento de las instalaciones, o las exigencias funcionales, constructivas y económicas.

Para analizar la presencia de humedad en la edificación, es necesario conocer sus diferentes estados, los mecanismos por los que el agua tiende a penetrar y moverse en los materiales. Este conocimiento permitirá tomar las medidas preventivas en cuanto a diseño, selección de materiales, así como las correctivas que garanticen su conservación; todo esto dentro de una filosofía armónica que tenga presente su inserción espacio-tiempo que le es propia, como de cada una de sus partes.

El clima es un elemento de primer orden a la hora de diseñar porque abarca factores como: confort del usuario, forma, color, orientación, iluminación interior y exterior, integración con la naturaleza, con los materiales y la localización. La construcción dependerá de lo riguroso o benigno del clima y sus exigencias. Las edificaciones se consideran como mecanismo de control térmico y ambiental donde el usuario se siente protegido, seguro y bajo efectos sicológicos y físicos aceptables.



Cuando se habla de las edificaciones se hace referencia a cualquier obra del hombre que conforma espacios con condiciones físico-ambientales propicias a las actividades que en ellas se desarrollan; puede ser tan simple en algunos climas como un techo sin paredes para protegerse de la lluvia y el sol, hasta otros de alta complejidad constructiva y formal donde también se produce la separación del medio exterior.

La edificación como conformadora del medio ambiente, en sus espacios se vale de múltiples recursos que varían de acuerdo con los diferentes climas y sus condiciones son obtenidas a través de materiales y técnicas constructivas empleadas de diversos modos, las cuales constituyen elementos de cerramientos horizontales y verticales con condiciones materiales tales que le garanticen aislamiento térmico, ventilación, protección contra la lluvia, entre otros.

### EL CLIMA

La Tierra está rodeada de una enorme masa de aire llamada atmósfera. Todos los días son diferentes las temperaturas de este aire, la cantidad de humedad que hay en él, la velocidad y dirección de los vientos, la cantidad y tipos de nubes, todos estos factores son los que constituyen el “tiempo atmosférico” o temperie. Este se reconoce a partir de las observaciones que registran las condiciones del tiempo atmosférico de una zona o región durante un periodo de tiempo.

El clima, o sea las condiciones de los estados atmosféricos que se suceden habitualmente en un lugar, es uno de los factores más importantes en la ecología del lugar, es el responsable del tipo de vegetación, de la fauna y de las edificaciones.

El clima de un lugar está dado por una serie de factores y elementos, los primeros constantes y los segundos variables pero en sucesión habitual.

La existencia de diferentes climas se debe a la acción de numerosos factores que, al combinarse, conducen a resultados muy disímiles. Los elementos determinantes en las

variables climáticas son: la temperatura, el asoleamiento y la humedad en sus múltiples variantes y causas. Numerosas condiciones influyen en los elementos anteriores; entre otras: latitud geográfica (su distancia al ecuador), altitud (altura con respecto al nivel del mar), cercanía a las costas o proximidad del mar, topografía, vegetación, dinámica del viento; actualmente se les agrega la contaminación ambiental y otras alteraciones que el hombre ha introducido en su medio.

Los elementos o variables del clima en una región son principalmente: la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad atmosférica, la evaporación, las precipitaciones y la velocidad del aire o vientos del lugar.

Es pertinente señalar que se emplea también el término microclima para hacer referencia al caso donde en una región o zona con un clima definido, existe un área relativamente reducida en la cual se dan condiciones climáticas específicas que difieren de la general; este término puede ser válido también al emplearlo para una edificación en la cual se produce una marcada diferencia climática con su entorno.

### ELEMENTOS CLIMÁTICOS Y PARÁMETROS MEDIOAMBIENTALES

Los elementos del clima son entendidos como las condiciones, variables o propiedades físicas de la atmósfera utilizadas para medir y describir el clima en un momento dado, lo cual quiere decir que afectan el tiempo atmosférico. Las condiciones climáticas están dadas por la ubicación geográfica, y pueden categorizarse en condiciones macroclimáticas y microclimáticas. Las condiciones macroclimáticas se originan por la pertenencia a una latitud y región determinada, y las variables ambientales más importantes son:

- Radiación solar.
- Dirección y velocidad del viento.
- Temperaturas medias, máximas y mínimas.
- Humedad relativa (HR).

- Niveles de nubosidad.
- Pluviometría.

Las condiciones microclimáticas surgen de la existencia de accidentes geográficos locales que pueden modificar las anteriores condiciones de forma significativa. Las más relevantes son:

- Pendiente del terreno.
- Montañas, colinas aledañas que actúan como barrera a la radiación solar o modifican la dirección y velocidad del viento.
- Masas de agua cercanas que reducen las variaciones bruscas de temperatura e incrementan la humedad del ambiente.
- Masas boscosas cercanas.
- Contexto urbano, representado por edificios cercanos, calles, aceras, parques, etc.

Estos elementos son de gran importancia para el diseño arquitectónico y pueden ordenarse siguiendo una secuencia aproximada de causa y efecto. Entre ellos, tenemos: la radiación solar, el viento, la temperatura, la humedad, las precipitaciones, la radiación de onda larga y la presión atmosférica (Diagrama 1.1).

**a. La radiación solar.** El estudio de este parámetro resulta necesario pues la radiación produce un incremento de la temperatura en los cerramientos, que luego desprenden ese calor en el interior de las edificaciones y generan movimientos de masas de aire por diferencias de temperatura entre las zonas expuestas al sol y las que están a la sombra.

**b. El viento.** Es considerado un parámetro fundamental en el análisis ambiental de las edificaciones, puesto que del mismo modo que puede ser una forma de climatización, también puede generar manifestaciones de malestar en los ocupantes de un espacio e incluso ocasionar problemas de inestabilidad en las edificaciones. Además tiene una influencia significativa en el intercambio de calor entre el exterior, el interior y el espacio que se va a acondicionar.

**c. La temperatura.** Es probablemente uno de los parámetros fundamentales del clima. Desde el punto de vista de acondicionamiento del aire resulta de suma importancia en el análisis del comportamiento de las edificaciones, ya que junto con los resultados obtenidos de otros parámetros podríamos determinar si se ofrecen o no unas condiciones climáticas de confort, al mismo tiempo que determina, en gran medida, el sistema constructivo y las medidas correctoras en el caso de reacondicionamiento.

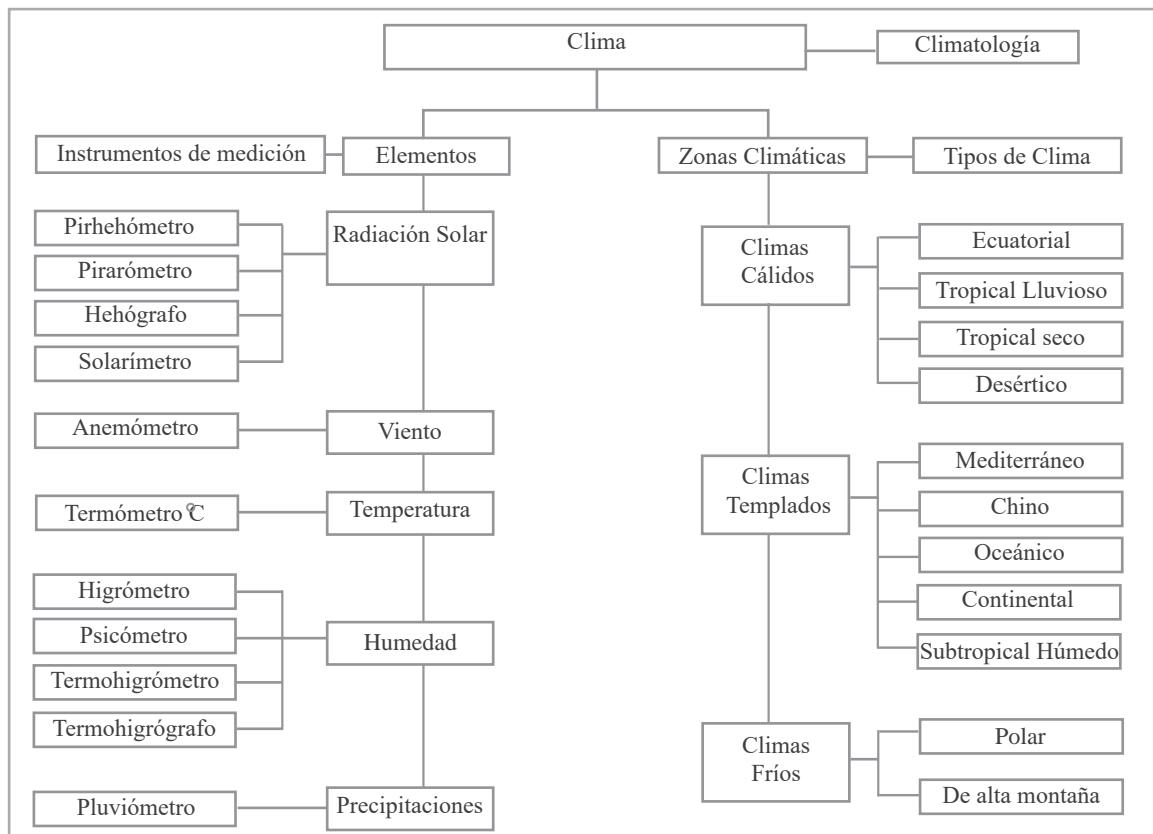
**d. La humedad.** Este elemento resulta de gran importancia tanto en el diseño como en el planteamiento de medidas correctivas, ya que junto con la temperatura del aire y el movimiento del aire pueden incidir directamente en las condiciones de confort y especialmente en la percepción de la temperatura.

**e. La precipitación.** La precipitación es un elemento del clima que influye en la humedad relativa, vegetación y contaminación, entre otros.

A todos estos parámetros hay que añadir el efecto de una orientación y disposición adecuada de las edificaciones que favorezcan de la mejor forma posible el máximo aprovechamiento de las condiciones climáticas del lugar de implantación.

La elección del sitio de la edificación constituye una decisión muy importante en el proceso de diseño sustentable, tan importante como el diseño de la edificación en sí misma. Además de seleccionar la ubicación más adecuada, se debe tener en cuenta que siempre es posible actuar sobre el entorno inmediato (por ejemplo, alterando o modificando la superficie del terreno, añadiendo o quitando vegetación o agua) para modificar las condiciones microclimáticas.

Existen muchas clasificaciones de climas y todas toman como base la relación existente entre temperatura y humedad, así como la variación que tienen en el tiempo.

**Diagrama 1.1 Clima, elementos, zonas climáticas**

### HUMEDAD Y TEMPERATURA

La humedad no es otra cosa que el vapor de agua presente en el aire, el cual se encuentra en la totalidad de la atmósfera terrestre, en cantidades variables. Adicionalmente, a éste hay que agregarle el flujo de dicho vapor ocasionado por los vientos que se dispersan y las precipitaciones que lo concentran en forma de agua para que la evaporación haga repetir el ciclo.

La humedad y la temperatura son dos parámetros que hay que analizar conjuntamente; son determinantes en las características de cualquier clima, su interacción tiene gran influencia en la conservación de los bienes muebles e inmuebles, a través de las magnitudes que alcanzan y, sobre todo, por la variación de los mismos en períodos de tiempo más o menos prolongados.

Cuando se habla de humedad se hace referencia de modo general a las formas

en que se presenta: precipitaciones, evaporación, condensación y congelación; en el caso de las edificaciones adquiere formas y manifestaciones vinculadas a las anteriores, un tanto específicas (Figura 1.1).

Para cuantificar la humedad en un medio dado, es necesario conocer la cantidad de agua que allí existe o la que pudiera haber en ciertas condiciones. La humedad se puede expresar en términos absolutos; es decir, la cantidad de agua presente en una unidad de volumen sin considerar otros factores, por ejemplo decir que en un metro cúbico de aire hay 40 g de agua en forma de vapor o que en un metro cúbico de cierta madera hay 80 g de agua. En realidad esta cuantificación absoluta no brinda toda la información requerida, no dice cuánta agua pudiera contener esa unidad de volumen. Para salvar esta limitante se introduce el concepto de HR; el mismo cuantifica la relación existente entre la cantidad de vapor de agua contenida en



Figura 1.1 El ciclo del agua

un volumen y aquella necesaria para alcanzar la saturación, manteniendo constante la temperatura. Por lo tanto, es necesario reconocer la relación directa que existe entre humedad y temperatura; si tomamos un volumen de aire constante y se incrementa la temperatura puede contener mayor cantidad de vapor de agua; esto es válido hasta llegar al punto de saturación donde no es posible admitir más vapor y su exceso se condensa. La máxima cantidad de vapor de agua que puede contener un volumen a una cierta temperatura es conocida; estos valores están tabulados y suficientemente divulgados.

Lo anterior se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{HR} = \text{Humedad relativa} = \frac{\text{Cantidad de vapor de agua por unidad de volumen}}{\text{máxima cantidad de vapor de agua por unidad de volumen}} \times 100\%$$

La cantidad de vapor de agua contenida en un volumen fijo con aquella que conten-

día en su punto de saturación a la misma temperatura, multiplicada por 100; la cifra obtenida será la magnitud de la HR.

La HR es empleada para medir la humedad ambiental; a través de su valor podemos saber si el aire va a desecar o humedecer las partes o componentes de la edificación o los objetos que contenga. La humedad absoluta, por no tomar en consideración la temperatura, no cuantifica cuán húmedo está el ambiente. Es importante el control de la humedad relativa por estar vinculada directamente al confort térmico que pueda obtenerse en un medio y, por otro lado, existen rangos en los cuales se conservan en mejores condiciones los materiales que conforman el bien; fuera de esos valores de HR, se propicia la acción de numerosos factores de deterioro, entre los que tenemos:

- Cambios de volumen en los materiales que pueden provocar fisuras y desprendimientos.



- Se favorece y acelera la corrosión.
- Se desarrollan y reproducen diferentes microorganismos que dañan los materiales.

Desde el punto de vista de la conservación tiene mayor importancia la humedad relativa que la temperatura.

La humedad puede medirse en términos absolutos, es decir, la cantidad de gramos de vapor de agua contenidos en una unidad de volumen o peso del aire seco; esta medida se denomina “humedad absoluta” y se expresa en gramos de agua por Kg de aire seco. La humedad absoluta es una medida poco útil en la práctica, ya que en el mismo grado de humedad puede darse un aire muy húmedo, si la temperatura es suficientemente baja, o muy seco, si la temperatura es elevada.

La humedad relativa, en cambio, es la cantidad de agua que se encuentra en el aire a una determinada temperatura, con respecto a la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede contener a esa temperatura en condiciones de saturación. Si ésta se encuentra entre un 50% y un 70% es un buen índice biológico, resultando ser la más favorable para el hombre. La humedad relativa (HR) tiene una amplia variedad geográfica; los climas ecuatoriales se caracterizan por HR entre el 80% y el 100%; regiones con menos de un 50% se consideran secas y con valores cercanos al 20% como muy áridas.

Otra unidad de medida es el llamado

“punto de rocío”, entendido como la temperatura que el aire húmedo debe alcanzar (manteniendo constante la presión y la humedad) para condensarse (saturarse). En este punto, el vapor contenido en el aire cambia a la forma visible de pequeñas gotitas de agua que se depositan en objetos; por ejemplo, la hierba en las mañanas presenta saturación de gotas de agua, debido a que la temperatura cerca del suelo es inferior a la del aire de niveles superiores.

El aire caliente contiene más humedad que el aire frío. La temperatura a la que la humedad se condensa se denomina punto de condensación; en este punto, el aire está completamente saturado con humedad (100% de humedad relativa). La humedad relativa mide la cantidad de humedad en el aire con respecto a la cantidad de humedad que el aire puede soportar a determinada temperatura; si el aire (que está a 100% de humedad relativa) se calienta, la humedad relativa disminuye. Esto es así porque a mayor temperatura, el aire puede soportar un porcentaje mayor de humedad.

Todos los seres vivos necesitan de niveles de humedad para vivir, dado que sus cuerpos están constituidos por cerca de un 85% de agua; éstos tienden a conservarla o a perderla según sea la concentración de la misma en el aire. Así, en climas muy secos, el cuerpo tiende a perder humedad en busca de un equilibrio, pero como la humedad es

*Higrómetro análogo**Higrómetro digital*

necesaria para la vida, se desarrollan mecanismos naturales o artificiales para evitar la pérdida excesiva.

De acuerdo con la situación se humidifica o se deshumidifica. Una correcta humidificación, además de reducir el polvo en suspensión, permite a quienes se encuentran en ambientes cerrados respirar bien sin los problemas que derivan de la sequedad de las principales vías respiratorias. Además, la reducción de la evaporación cutánea que resulta de una correcta humidificación altera la sensación de frío y permite como consecuencia bajar la temperatura de los espacios, permitiendo de esta forma un ahorro en los gastos de calefacción y limitando la dispersión del calor entre el ambiente interno y el externo. El caso contrario es la deshumidificación: proceso a través del cual resulta posible disminuir o eliminar la humedad del aire.

De acuerdo con lo anterior, existe una relación muy directa entre HR, evaporación y temperatura. La humedad se registra por medio de higrómetros, termohigrómetros, termohigrógrafos y psicrómetros.

**Higrómetro.** Es un instrumento que se usa para medir el grado de humedad relativa presente en el aire, en el suelo, en las plantas, en las edificaciones, dando una indicación cuantitativa de la humedad ambiental. Existen varios sistemas con mayor o menor

precisión según el modelo; uno es el higrómetro de absorción el cual utiliza sustancias químicas higroscópicas, las cuales absorben y exhalan la humedad, según las circunstancias que los rodean, el otro es el higrómetro eléctrico que está formado por dos electrodos enrollados en espiral entre los cuales se halla un tejido impregnado de cloruro de litio acuoso. Si se aplica a estos electrodos una tensión alterna, el tejido se calienta y se evapora una parte del contenido de agua a una temperatura definida, estableciéndose un equilibrio entre la evaporación por calentamiento del tejido y la absorción de agua de la humedad ambiente por el cloruro de litio, que es un material muy higroscópico. A partir de estos datos se establece con precisión el grado de humedad.

**Termohigrómetro.** Este equipo combina termómetro e higrómetro en un mismo cuerpo y brinda ambas lecturas simultáneamente. A través de la conexión para termoelementos tipo K tiene la posibilidad de detectar, por ejemplo, la temperatura de una pared con una sonda superficial. La memoria interna del termohigrómetro a través de la tarjeta SD (1 a 16 GB) le permite registrar los valores de humedad y temperatura, con un libre ajuste de la cuota de medición, sea para mediciones en tiempo real o para almacenamiento de datos. Con él se puede determinar el clima ambiental (humedad y



*Termohigrómetro análogo*



*Termohigrómetro digital*

temperatura ambientales) además de determinar la temperatura superficial de paredes y productos simultáneamente por medio del sensor de temperatura externo que lleva consigo.

El termohigrómetro ofrece informaciones complementarias como el punto de rocío (temperatura de punto de rocío) y la temperatura de esfera húmeda. Con esta información se podrá evitar por ejemplo la proliferación de hongos en los alimentos durante su transporte o en el mismo almacén. También es muy útil en la medición de la humedad en los espacios interiores de las edificaciones.

**Termohigrógrafo.** Similar al anterior,

pero refleja los valores obtenidos en un gráfico. Usualmente el sensor de temperatura es una placa bimetálica que por acción de la variación de la temperatura del aire genera una dilatación/contracción en las placas. Al ser de metales con diferente coeficiente de dilatación provocan un movimiento que es transmitido a un brazo. Este contiene en su extremo una pluma con tinta que traza en la banda de papel la temperatura.

Es un instrumento mecánico que posee en la base del tambor un mecanismo de relojería para que lo haga girar; posee un engranaje doble calibrado para que dé un giro completo en un día o una semana. Cuenta con un sensor de humedad relativa que está formado por un atado de crines de caballo



*Termohigrógrafo*



*Psicrómetro*

o similar que es muy sensible a la variación de la humedad atmosférica que de manera similar al caso de la temperatura transmite el movimiento al brazo que con la pluma traza el papel.

La banda de papel posee un preimpreso con los días o las horas del día y la humedad relativa en % y la temperatura en °C o unidades, según el sistema de medida. Se utiliza en meteorología, confort higrotérmico para calefacción y aire acondicionado, clima interior en edificios, en arquitectura bioclimática, en museos donde se conservan objetos que se deterioran con la humedad, en otros donde la relación temperatura y humedad sea relevante.

**Psicrómetro.** Es un instrumento de mayor precisión que los anteriores y sirve para medir temperatura y humedad relativa. Su principio consiste en la lectura simultánea en dos termómetros, uno de bulbo seco y otro de bulbo húmedo; dichos resultados se confrontan en tablas y se obtiene el dato de la humedad relativa con gran precisión. Este instrumento se usa para calibrar los higrómetros, también se utiliza en meteorología para medir la humedad o contenido de vapor de agua en el aire, distinto a los higrómetros corrientes. La humedad puede medirse a partir de la diferencia de temperatura entre ambos aparatos; el húmedo medirá una temperatura inferior producida por la evaporación de agua. Es importante para su correcto funcionamiento que el psicrómetro se instale aislado de vientos fuertes y de la luz solar directa.

A 21 °C, 1 Kg de aire seco puede contener hasta un máximo de aproximadamente 15,8 gramos de vapor de agua, que equivalen al 100% de HR.

La cantidad de agua que el aire puede retener cambia en función de la temperatura y crece al aumentar la temperatura del aire, esto se debe al hecho de que el aire se expande a medida que se calienta y se contrae a medida que se enfriá. En consecuencia, mientras 1 Kg de aire seco a 21 °C puede contener hasta 15,8 g de vapor de agua, la

misma cantidad de aire a -18 °C puede retenner solamente unos 0,92 g de vapor de agua. De acuerdo con esto, mientras que 1 m<sup>3</sup> de aire a 23 °C puede retener 21,2 g de vapor de agua, el mismo m<sup>3</sup> de aire a 0 °C puede retener sólo 4,5 g de vapor de agua. Por lo tanto, si se tiene 1 m<sup>3</sup> de aire a 0 °C y 70% HR (3 g) y se aumenta su temperatura a 23 °C sin agregar vapor de agua, terminará con:  $3 \text{ g} / 21,2 = 0,14$  (14% HR). Esta condición resulta muy similar a la del desierto del Sahara, la cual ronda el 12% HR (por supuesto que esto está muy por debajo de los mínimos recomendados).

Refrigerando 1 Kg de aire seco a 21 °C con el 50% de HR (aproximadamente 7,9 gramos), se alcanza la saturación (100% de HR) a 9,5 °C. Al contrario, aumentando la temperatura de 1 Kg de aire seco de -18 °C con el 100% de HR (aproximadamente 0,92 g) sin añadir más vapor de agua, a 21 °C se conseguirá el 6% de HR ( $0,92/15,8 = 0,06$ ).

El aire seco puede convertirse en un problema cuando la temperatura externa baja a un valor menor que la interna, el aire frío y húmedo que entra en un edificio calentando se convierte en aire caliente y seco. Eso ocurre porque se desarrolla un fenómeno de reequilibrio de la humedad entre los objetos que se encuentran en el interior del ambiente y el aire con que entran en contacto.

La reducción de la humedad del aire es responsable de problemas muy conocidos, como sequedad de las principales vías respiratorias; fisurado de las estructuras de madera; descargas electrostáticas. Igualmente, un sistema de acondicionamiento o de refrigeración puede causar el aumento de la sequedad del aire, porque actúa enfriando el aire a un valor inferior al punto de rocío, eliminando la humedad (deshumidificación) y sucesivamente calentándola.

La única forma de evitar estos problemas es estabilizando el ambiente o controlando la humedad relativa. Esta es una de las razones por las cuales el control de la humedad relativa se está convirtiendo en una parte muy importante de la calidad del aire interior. Esto quiere decir deshumidificar

cuando el aire es muy húmedo y humidificar cuando se seca demasiado.

### ZONAS CLIMÁTICAS Y CLIMA

La Tierra se ha dividido en zonas climáticas en función de las diferentes temperaturas y la luz solar que reciben. Estas diferencias se originan debido a los movimientos de rotación y traslación del planeta, así como a su esfericidad, su órbita elipsoidal y la inclinación del eje terrestre. Estas zonas sirven de base a la clasificación de los climas terrestres. A su vez, dentro de cada una de estas zonas, cabe distinguir los tipos y subtipos de climas, que se establecen en función de dos elementos climáticos principalmente: la temperatura y las precipitaciones. En la Tierra existen dos zonas frías (en los polos), dos zonas templadas y una cálida (Figura 1.2).

- Dos zonas frías, en latitudes altas, situadas entre los círculos polares y los polos. Las regiones que están en las zonas frías tienen temperaturas muy bajas durante todo el año.
- Dos zonas templadas, en latitudes medias, situadas entre los trópicos y los círculos polares. En las zonas templadas,

las temperaturas son moderadas, suben en verano y bajan en invierno.

- Una zona cálida, en latitudes bajas, situada entre los dos trópicos. Las regiones que están en la zona cálida, tienen temperaturas muy altas durante todo el año; en ella abundan los desiertos.

Los climas desérticos y de alta montaña se dan en varias de estas zonas.

La diversidad de climas en el mundo puede ser aclarada a través de una correcta clasificación. Para realizarla se puede utilizar como criterio de partida las zonas térmicas (cálida, templada, fría), a partir de las cuales, y utilizando como factores diferenciadores la circulación atmosférica, la distancia al mar, la fachada continental y la altitud, se establece una tipología más asequible. Ésta es:

- a. Zonas frías:** Ubicadas entre el círculo polar y los 90° de latitud de cada hemisferio. En la zona fría, los rayos solares inciden paralelos durante todo el año. Comprende las áreas próximas a cada uno de los polos. Zona de altas presiones polares entre el polo y la isoterma de 0°C; frío intenso y constante; precipitaciones escasas y disminuyendo a medida que nos acercamos a los polos, en

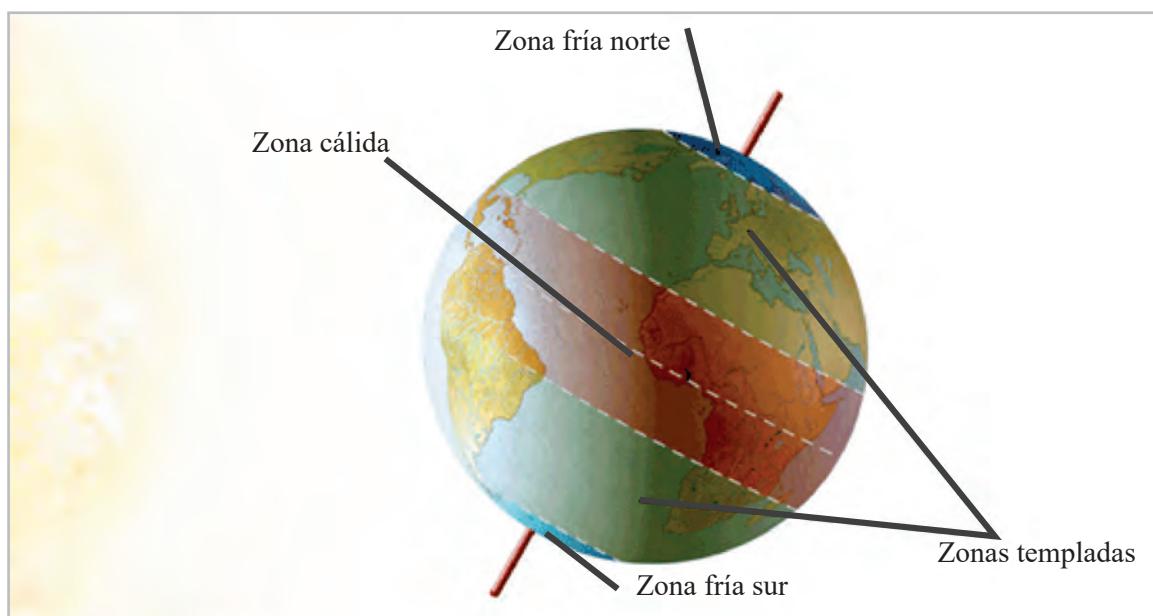


Figura 1.2 Zonas climáticas

forma de nieve la mayoría. En este clima ya no es posible que haya vegetación.

Las temperaturas están casi todo el año por debajo de 0°; sólo en verano adquieren valores positivos, que no sobrepasan los 4 °C.

- **Clima polar** (en ambos hemisferios, muy fríos). Climas polares: al norte del Círculo Polar Ártico y al sur del Círculo Polar Antártico. En estas zonas la situación es casi siempre anticiclónica porque las masas de aire frío descienden desde las alturas y se desplazan lateralmente hacia el sur (hacia el norte en el hemisferio sur). En estas zonas llueve muy poco, menos de 250 mm anuales (situación anticiclónica), por lo que se suele hablar de desiertos fríos, a pesar de que se mantengan cubiertos por hielos y nieve.
- **En las altas montañas** se dan climas de tipo polar; aparece representado en todos los lugares del planeta donde haya cordilleras que superen los 2.500 metros de altitud; en estos la latitud no influye, sólo afecta la altura y la exposición, los cuales son considerados factores que determinan un clima de montaña. Es característico de las cumbres más elevadas y de los altos valles andinos la vegetación de arbustos y gramíneas, que se dispone en pisos altitudinales y tiende a escasear con la altura para dejar paso a las nieves perpetuas. La vegetación es muy variable, de acuerdo con la latitud en que se encuentren ubicadas las montañas. Este tipo de clima, que normalmente es húmedo, lo podemos encontrar alrededor del mundo en zonas de grandes cordilleras, pudiendo ser frescos a fríos. Colombia, gracias a su posición geográfica, posee todos los pisos térmicos, variedad de climas, de especies animales y vegetales, etc.

**b. Zonas templadas:** Los climas templados son los propios de latitudes medias, y se extienden entre los paralelos 30 grados y 70 grados. Se distingue una Zona Templado-Cálida (entre los 20 y 30° de latitud) y una

zona Templado-Fría (entre los 40 y los 70° de latitud). Su carácter procede de los contrastes estacionales de las temperaturas y las precipitaciones, y de una dinámica atmosférica condicionada por los vientos del oeste. Las temperaturas medias anuales se sitúan entre los 15 °C y las precipitaciones van de 300 a más de 1.000 mm anuales.

Son las situadas al norte (hemisferio norte) o al sur (hemisferio sur) de las zonas tropicales. Justo al norte (o al sur en el hemisferio sur) de donde surgen los alisios, la misma masa de aire que al desplomarse desde la altura ha originado esos vientos, ocasiona también que parte de ese aire viaje hacia el noreste (o hacia el sureste en el hemisferio sur). Se forman así los vientos occidentales (de oeste a este) típicos de las latitudes templadas.

Las masas de aire que arrastran los vientos occidentales llegan a chocar con las masas de aire frío procedentes de las zonas polares y se desplazan montándose sobre ellas, al ser más calientes. Este ascenso provoca la formación de nubes y precipitaciones en el fenómeno meteorológico que llamamos borrasca. En las borrascas es típico que el aire al ascender adquiere un movimiento giratorio, formándose un frente cálido que suele ser seguido de otro frente frío. El paso de los frentes cálido y frío es el que trae las lluvias.

Las borrascas tienden a desplazarse de oeste a este, de tal manera que al paso de un frente cálido le suele seguir una mejoría transitoria y viene luego un frente frío con empeoramiento del tiempo que termina por alcanzar y neutralizar al frente cálido, produciéndose así la desaparición de la borrasca. Estas continuas variaciones generadas por la alternancia de anticlones (altas presiones) y borrascas (bajas presiones) son las típicas del “tiempo” atmosférico de las zonas templadas.

Dentro de los climas templados distinguimos dos grandes conjuntos: los climas subtropicales, o templados-cálidos, y los climas templados propiamente dichos, o templados-fríos. A su vez, dentro de cada

uno de esos grandes conjuntos se engloban varios subtipos climáticos.

- **Clima oceánico** (en ambos hemisferios) o atlántico (zona atlántica europea, costas del Pacífico del noroeste de Estados Unidos y de Canadá, sureste de Australia, Nueva Zelanda, sur de Chile, costa de la Provincia de Buenos Aires, Argentina).
- **Clima mediterráneo** (en ambos hemisferios) (zona del Mediterráneo, California, centro de Chile, sur de Sudáfrica, suroeste de Australia).
- **Clima chino** (en ambos hemisferios).
- **Clima continental** (sólo en el hemisferio norte) (centro de Europa y China y la mayor parte de Estados Unidos, norte y noreste de Europa, sur y centro de Siberia, Canadá y Alaska).
- **Clima subtropical húmedo** (sudeste de Estados Unidos y Australia, sur de China, noreste de Argentina, sur de Brasil y Uruguay, norte de la India y Pakistán, Japón y Corea del Sur).

c. **Zonas cálidas:** La zona cálida se ubica entre los dos trópicos (en realidad, entre los 30° norte y los 30° sur de latitud, aunque la zona cálida se extiende unos grados más allá del área intertropical en ambos hemisferios). La zona cálida es el área intertropical (rayos solares perpendiculares durante todo el año). En la zona cálida se diferencian dos zonas: la zona ecuatorial o de convergencia intertropical y la zona tropical.

La zona ecuatorial se sitúa en las cercanías del ecuador; en ella, el aire cálido y húmedo tiende a ascender, especialmente con la insolación del día; al ir subiendo se enfriá por lo que se forman grandes nubes que hacen que todos los días al atardecer se descarguen lluvias. La abundancia de lluvias y las elevadas temperaturas favorecen el desarrollo de la vegetación y es en esta zona en la que se desarrollan los grandes bosques selváticos. Esta zona climática no se sitúa a lo largo de todo el año en el mismo sitio, sino que sufre desplazamientos hacia el norte o hacia el sur, dependiendo de las estaciones

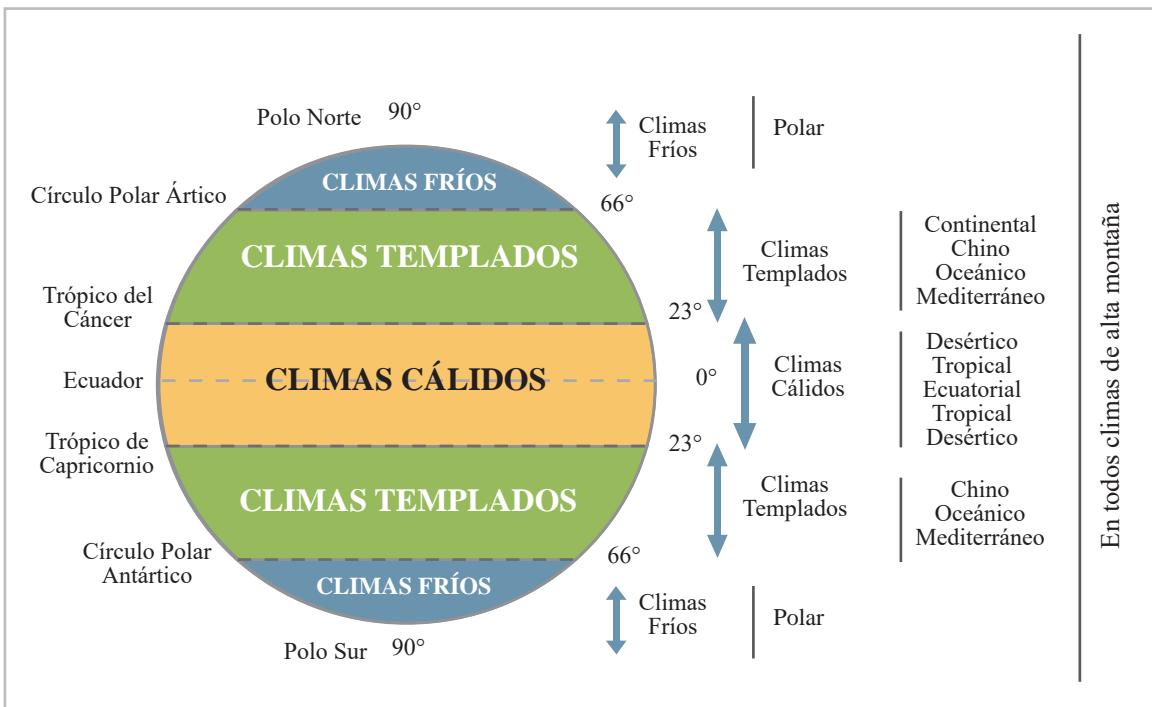
o empujada por los vientos monzones, que son especialmente fuertes en el sur de Asia.

En las zonas tropicales predominan los llamados vientos alisios que se forman cuando las masas de aire del norte o del sur se mueven para ocupar el espacio que deja libre el aire ascendente de la zona ecuatorial. Por el efecto Coriolis, en el hemisferio norte los alisios soplan predominantemente de noreste a suroeste, mientras que en el hemisferio sur lo hacen de sudeste a noroeste.

En altura la circulación del viento se hace en sentido contrario, hasta los 30° de latitud, aproximadamente, lugar en donde el aire, ya enfriado, se desploma hacia la superficie, cerrándose así las corrientes convectivas próximas al ecuador.

Las zonas tropicales situadas entre los 20° y los 40° de latitud, en las que el aire desciende desde la altura, se caracterizan por el predominio de las altas presiones (aire frío y denso que se acumula contra la superficie). Esto supone precipitaciones escasas, normalmente inferiores a los 250 mm anuales, ya que la circulación vertical descendente impide el desarrollo de nubes, pues el aire al bajar aumenta su temperatura y por lo tanto aumenta su capacidad de contener vapor de agua (mayor humedad de saturación). Por esto en estas zonas hay grandes extensiones desérticas en los continentes, tanto en el hemisferio norte como en el sur.

El clima cálido presenta elevadas temperaturas anuales, sin grandes variaciones estacionales. Predominio de bosques tropicales, selvas y sabanas (praderas de pastos altos con algunas especies arbóreas y arbustos aislados o que forman pequeños grupos). Los climas cálidos se localizan en las bandas ecuatoriales, tropicales y subtropicales del planeta, debidas, fundamentalmente, a una mayor influencia del sol sobre estas regiones, en las que los rayos de nuestra estrella inciden de manera casi perpendicular sobre la atmósfera, lo que proporciona un mayor calentamiento. La variación térmica anual es mínima. Las precipitaciones son de abundantes a excesivas. Es la zona afectada por huracanes. La vegetación difiere



*Figura 1.3 Climas terrestres*

desde el bosque exuberante tropical hasta la sabana en zonas de estación seca como en Venezuela. En las zonas montañosas tropicales la altitud permite distinguir tres pisos térmicos: tierras calientes entre los 0 y los 1.000 m, tierras templadas entre los 1.000 a 2.000 m y las tierras frías por encima de los 2.000 m, donde se asienta preferentemente la población.

El movimiento estacional de las altas presiones subtropicales y las bajas ecuatoriales explica los cuatro tipos de clima que encontramos en la zona (ecuatorial, tropical, subtropical y desértico). Todo el sistema se desplaza estacionalmente: hacia el norte en el verano del hemisferio sur y hacia el sur en el invierno del hemisferio sur.

- **Clima ecuatorial** (región amazónica, parte oriental de Panamá, Península de Yucatán, centro de África, occidente costero de Madagascar, sur de la Península de Malaca e Insulindia).
- **Clima tropical** (en ambos hemisferios) (Caribe, Llanos y costas de Colombia, Costa Rica y Venezuela, costa del Ecuador, costa norte del Perú, la mayor parte

de este de Bolivia, noroeste de Argentina, oeste de Paraguay, centro y sur de África, sudeste asiático, norte de Australia, sur y parte del centro de la India, la Polinesia, etc. y la costa surcentral del Pacífico de México).

• **Clima subtropical árido** (suroeste de América del Norte, norte y sudeste de África, oriente medio, costa central y sur del Perú, norte de Chile, centro de Australia). Se ubica entre los climas desérticos subtropicales y las franjas de clima mediterráneo, del cual se distingue por una pequeña diferencia en cuanto a la lluvia recibida.

• **Clima desértico** (en ambos hemisferios) y semidesértico, este último también llamado clima estepario, se ubican en el interior de los continentes en la zona templada (Asia Central, centro-oeste de América del Norte, Mongolia, norte y oeste de China).

En el libro *Arquitectura y clima, referida a condiciones tropicales en Colombia* el arquitecto Harold Borrero (1989) dice:

La noción de clima tropical muy generalizada en los países templados carece de sentido, pues trata de englobar en uno solo, climas tan diferentes como los de la selva umbrofila, densa y húmeda, los de sabana, los de bosque seco de hojas caducas, los de malezas espinosas, los de estepas desérticas y las praderas de altas montañas.

Continúa:

Clima Tropical o Tibio-Húmedo. Es característico en Colombia de los grandes valles andinos del Cauca y el Magdalena. Se caracteriza por una humedad relativa alta (55% - 90%), lluvias periódicas con una o dos estaciones secas a lo largo del año. Las lluvias corresponden a los pasos del sol por el cenit y con duración de dos a tres meses. La iniciación de las mismas corresponde a los meses de abril y septiembre. Las temperaturas medias se encuentran alrededor de los 25 grados centígrados con variaciones altas entre el día y la noche, de 10 grados o más y variaciones estacionales que pueden llegar a 5 o 6 grados. Las temperaturas extremas pueden variar entre los 12 y 39 grados. Las lluvias son inferiores a los 2.000 mm anuales, con un promedio de 1.000 mm, si bien pueden presentarse lugares de 300 o 400 mm por año. Este tipo de clima caracteriza a la ciudad de Cali.

#### CLIMA Y EDIFICACIÓN

En Latinoamérica hay variantes climáticas de acuerdo con las particularidades de las diferentes regiones. No obstante, se pueden simplificar con el propósito de establecer las relaciones de la edificación con el clima, donde algunas variantes climáticas conllevan soluciones arquitectónicas similares. A partir de lo anterior se consideran los climas cálido-húmedos, cálido-secos y fríos; es necesario tomar en cuenta los componentes estacionales con las modificaciones, en ocasiones radicales, que introducen en una misma región a lo largo del año.

Desde que el hombre decide dejar de ser

nómada y convertirse en sedentario, tiene la necesidad de buscar un hábitat que le garantice seguridad y protección contra los embates del medio ambiente; ese lugar es la caverna. A partir de ese punto tenemos el inicio de la arquitectura, sencillamente porque el hombre modifica la caverna en su interior en cuanto a la selección de espacios, hace dibujos, en fin, adapta la caverna a sus necesidades. Llega un momento de nuestra prehistoria en que ese hombre abandona la caverna para desplazarse hacia otras regiones más favorables para su subsistencia. En esas nuevas regiones que el hombre habita no hay cavernas y se ve precisado a realizar los primeros intentos de construcciones para habitarlas. A través del tiempo esas construcciones se van perfeccionando y modificando de acuerdo con el clima imperante. Esa evolución de la construcción da origen a los siguientes fenómenos:

**En las zonas frías:** Las estaciones son muy marcadas y hay más tiempo de frío que de calor. La diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior es muy significativa, para ello usan la nieve depositada en los techos como aislante térmico, recubren las paredes con fibras naturales y complementan con sistemas tradicionales de calefacción natural. El criterio es separar la relación interior-exterior usando recursos disponibles en su medio.

**En las zonas polares o glaciares:** En los países glaciares se requiere buscar rompimiento de la relación interior-exterior. La vivienda típica, el iglú, es construida con bloques de hielo que funcionan como aislante térmico. Complementan con otros recursos para aumentar considerablemente la temperatura interior.

**En las zonas desérticas:** Al igual que en los casos anteriores, se evita al máximo la relación interior-exterior. Existe una notoria diferencia de temperatura entre el día (calor) y la noche (frío). La humedad relativa es muy baja, de manera que: 1) Construyen con muros gruesos para permitir que el calor del día sea transferido al interior en la noche. 2) Ventanas pequeñas sólo para ilu-

minación. No permiten mucha ventilación porque ésta eliminaría la humedad interior.

**En las zonas tropicales:** La situación es de mucho calor en el día, mucho calor en la noche, alta humedad relativa, lluvias fuertes, fuerte asoleamiento y otras. Las respuestas son un máximo de sombras y un mínimo de capacidad térmica. La hoja de palma permite el flujo de las brisas hacia el interior y la caña fresca no permite ganancia de sol. Garantiza una ventilación efectiva para reducir o eliminar la humedad y un mínimo de captación solar. Todas estas soluciones anteriores, vernáculas o tradicionales muestran una gran variedad de diseños relacionados con

las condiciones que rodean a un grupo de personas en un área determinada, así como con las interpretaciones simbólicas y culturales de esas condiciones por parte del grupo y su definición de confort. Esas edificaciones no son soluciones individuales, sino soluciones de grupos representativos de una cultura y su respuesta a las características de una región, su clima general y su microclima, sus materiales típicos y su topografía.

En términos climáticos una edificación tiene que responder al calor, al frío, a la radiación, al viento y otras presiones, y debe considerarse como elemento de confort ambiental (Cuadro 1.1).

*Cuadro 1.1 Clima, región, ubicación*

Relación: Clima - Región natural - Clima	Características del clima	Ubicación (América)	Región natural
Polar	Temperatura por debajo de los cero grados todo el año	Casquetes polares	Tundra
Frío	Superficie cubierta de hielo y nieve durante 6 meses, la temperatura más alta que llegan a tener es de 100	Regiones al sur de los casquetes y parte alta de montañas	Taiga
Templado	Diferencias notorias de temperatura entre las estaciones del año. Existe época de lluvia	En llanuras y mesetas América del Norte y países del cono sur	Bosques templados y praderas
Seco estepario	Llamado también semiárido, veranos calurosos e inviernos muy fríos	En centro de EE.UU. y norte de México	Estepa
Seco desértico	Escasez de agua y poca vegetación	Península de California, Chihuahua y Sonora	Desierto
Tropical	Temperaturas altas, abundantes lluvias	Regiones cercanas al ecuador	Selvas
Subtropical	Temperaturas altas, lluvias no tan abundantes, hay estación seca en invierno	Cercanas a las tropicales	Sabana

PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA

## DEFINICIÓN, FUENTES, FORMAS, MECANISMOS Y EFECTOS

El agua es uno de los recursos máspreciados por su importancia en el desarrollo y conservación de la vida en el planeta. Pero cuando hace parte de un fenómeno natural, suele ser devastadora y genera grandes desastres, que ponen en peligro innumerables recursos, tales como los humanos, paisajísticos y los de infraestructura o de edificaciones. Ante estos embates de la naturaleza se hace necesario adoptar medidas para que se produzca el menor número de daños; de aquí que conocer cuáles son los escenarios de riesgos de un fenómeno, aportará los elementos para la planificación, diseño, ejecución, funcionamiento y control de las edificaciones, así como las decisiones que se deben tomar para garantizar su vida útil.

Entre los problemas fundamentales que afectan a toda edificación, el agua ocupa sin duda el primer lugar. Esta se encuentra en forma de lluvia que tamborilea sobre la cubierta y la superficie de acabado de los muros exteriores, corre a través de canales y bajantes y, también, penetra en el suelo, lo embebe y sólo porque se usan aislamientos adecuados no convierte el sótano de la edificación en una piscina. El agua, además, recorre por tuberías todos los muros y paredes, cae resonando en lavamanos y bañeras, y desaparece por los desagües. Por medio de otras tuberías también se utiliza para la calefacción.

Mientras se porte como se quiere, todo va

bien; si se independiza y sigue sus propios caminos, las consecuencias son siempre desagradables. Es un elemento útil mientras el hombre lo domina, pero se convierte en una fuerza tremadamente destructiva en cuanto se emancipa y abandona las sendas prescritas.

El agua y el aire son los elementos básicos que hacen posible la vida en el planeta, pero ocasionan al mismo tiempo la destrucción de toda la materia muerta. Son éstas las tareas que la naturaleza les ha asignado y las cumplen concienzudamente desde hace miles de años.

Muchos millones de anónimas goticas se dedican a destruir las edificaciones, lo que se considera fenómenos de descomposición causados por el tiempo, los “estragos del



tiempo”, se dice son obra suya. El agua penetra, socava y disgrega; literalmente, genera deterioro, pero no de un golpe, sino poco a poco y sin ningún ruido. No es exageración decirlo, pues ni las gruesas tuberías de acero resisten a la fuerza expansiva del agua congelada.

Todo esto no es extraño, sin embargo, pues como se sabe, montañas enteras son destruidas por la erosión hidráulica, centímetro a centímetro. Cada deshielo lleva toneladas de rocas a los valles, donde la destrucción prosigue hasta que los más grandes bloques de piedra son reducidos a minúsculas partículas de polvo.

Para enfrentar la situación del deterioro en las edificaciones, reconocer el estado en que se encuentran, es imprescindible la comprensión de los procesos patológicos que en ellas se desarrollan. Varios son los factores desencadenantes y causantes de su estado, pero sin duda alguna el agua se encuentra presente en el origen de la inmensa mayoría de los problemas, desde los más leves, que pueden ser de tipo estético o de creación de molestias para sus habitantes, hasta aquellos más graves que desembocan en pérdida de la estabilidad y colapsos de la estructura.

Un fenómeno que origina grandes daños es el de la humedad, que consiste en la presencia indeseada de agua en estado líquido o gaseoso en zonas, regiones, épocas y períodos permanentes o variados. Su campo de acción es fundamentalmente en las edificaciones, donde se convierte en su principal enemigo, comportándose como una constante amenaza para el conjunto de ellas, cuya integridad va socavando lenta pero incesantemente hasta el extremo de su destrucción.

La construcción de una edificación generalmente está constituida por materiales porosos que al examinarlos en el microscopio presentan redes de vasos capilares por los que puede acceder y circular el agua. Para evitar esto se emplean diferentes tipos de materiales que actúan como barrera que neutraliza el acceso del agua. Estas barreras son los denominados materiales impermeables, tales como láminas asfálticas,

butílicas, de PVC o de caucho y pinturas.

Los principales factores que intervienen en la presencia de humedad en las edificaciones son: el climatológico, las condiciones de aislamiento o de impermeabilidad, el geológico, el de construcción y el de uso.

**Factor climatológico:** Este es el factor más común; comprende todas las adversidades climatológicas como lluvias, frío, índice de humedad ambiental, las cuales también están asociadas a un segundo factor dentro del clima como es la ubicación geográfica; lógicamente, una vivienda frente al litoral tendrá una climatología más húmeda que una vivienda en el interior del país. A su vez, las condiciones internas de la edificación y su uso contribuirán a la generación de humedad, por lo tanto habrá presencia de agua por ambas caras: el agua de lluvia y la de la condensación superficial; esta última, interior.

Esto representa uno de los problemas más complicados en el funcionamiento de la “piel de la edificación”, ya que por un lado se debe impedir el acceso de agua proveniente desde el exterior (de lluvia, de aseo) que penetra en el muro o de la condensada en él.

**Factor de aislamiento:** Comprende todos los problemas ocasionados por una deficiente o nula existencia de aislante térmico en el perímetro exterior de la vivienda, es causa de manchas de humedad en paredes y



techos debido al impacto térmico interior y exterior, el cual tiende a confundirse porque la humedad se crea desde el interior.

**Factor geológico:** Es un problema menos común, pero suele presentarse, afectando a toda obra semienterrada, como sótanos, parqueaderos, etc., es producto de los comportamientos naturales del terreno que dan lugar a un cambio de dirección en el curso de acuíferos o por la presencia de la altura respecto del nivel del mar, de la diferencia de potencial eléctrico, etc.

**Factor de producción o de construcción:** El agua utilizada en la elaboración de materiales, componentes o elementos por vía húmeda (mampostería, revoques de mortero, contrapisos de concreto pobre, rellenos de pendientados, etc.) queda confinada en la obra, aun después de que ésta haya alcanzado teóricamente su secado y con el paso de los días sale a la superficie, deteriorándola.

**Factor de uso y funcionamiento de la edificación:** Para el desarrollo de las actividades del hombre, tanto fisiológicas, como laborales, entre otras, las edificaciones requieren de agua para la operación de su sistema de servicio (abastecimiento de agua potable, evacuación de aguas servidas o residuales y de aguas lluvias). Cualquier daño que se presente en él será generador de humedad y si no es detectado y corregido oportunamente afectará no sólo el funcionamiento de la edificación, sino que deteriorará sus condiciones materiales y por lo tanto su estado.

#### DEFINICIÓN

Se define HUMEDAD como la aparición incontrolada de un porcentaje de agua en estado líquido o gaseoso superior al deseado en un material o elemento constructivo cualquiera. Bien sea en su superficie o en su masa, tanto si lo hace en forma de gotas microscópicas en sus poros, como si es en forma de lámina de agua o goteo fácilmente visible.

En ocasiones será una simple mancha, en otras, rezumará y goteará el agua, pero, en

cualquier caso, supondrá una variación de las características físicas del material o elemento en cuestión, que deberá ser reparada.

La diferencia principal está en el control o la prevención que se tenga del tipo de humedad; podremos designar como lesión a todas aquellas manchas temporales o permanentes, provocadas por el agua contenida en la masa o en el acabado, así como las goteras y el agua en forma de gotas o de lámina en superficies no previstas para ello.

Una de las patologías más frecuentes en las edificaciones son las humedades, las cuales producen no sólo su deterioro físico, sino que afectan sus condiciones de habitabilidad y por ende generan problemas de bienestar a las personas que las usan.

La presencia de humedad en la edificación desencadena una serie de acciones que se inician con la descomposición de los materiales de construcción por el agua; por algo el agua es llamada el disolvente universal, lo cual origina el deterioro de la superficie o epidermis de ésta con la aparición de manchas, decoloraciones, eflorescencias, desprendimientos, corrosión, etc., para posteriormente continuar con la degradación estructural de la edificación si no se aplican medidas correctivas al respecto.

Por lo anterior, la humedad en la edificación es causa y efecto de diversas patologías que disminuyen sus condiciones de confort y afectan la salud de los usuarios a la vez que comprometen su estado. La humedad se convierte en patológica cuando aparece en forma indeseada, incontrolada y en proporciones superiores a las esperables en cualquier material, componente o elemento constructivo.

Muchos de los problemas que aparecen en las construcciones tienen su origen en los efectos perjudiciales de la humedad; ésta deteriora los elementos de la obra y disminuye su protección térmica. Por ello se debe preservar la edificación del contacto con la humedad o impedir que la acción del agua deteriore los materiales que la constituyen.

Las causas de la humedad pueden tener origen o estar asociadas a la porosidad de

los materiales, a pequeñas fisuras superficiales, a la presencia de microfisuras, a fisuras, a juntas de construcción y al fenómeno de la condensación.

**La porosidad:** El agua y la humedad pueden infiltrarse en un material, sobre todo si éste es poroso. El agua de lluvia se infiltra en los muros o en las paredes a causa de una mala obra de albañilería o por acción de la gravedad y el agua del manto freático puede ascender por capilaridad.

**Las pequeñas fisuras superficiales:** Se forman durante el secado del cemento, generalmente si ha sido muy rápido, o si el cemento no se ha mezclado en las proporciones correctas. En principio, estas fisuras son superficiales y su profundidad no supera a la del acabado.

**Las microfisuras:** Las microfisuras surgen cuando los distintos materiales se expanden o se contraen. Su ancho no sobrepasa los 0,2 mm, pero avanzan a través de todo el espesor de las capas del acabado.

**Las fisuras:** Las fisuras se producen cuando no hay juntas de dilatación. Su ancho puede alcanzar varios milímetros. Pueden atravesar todo el espesor de las capas del acabado y a veces incluso las paredes de concreto.

**Las juntas:** Al contrario que las fisuras, las juntas son espacios creados voluntariamente entre dos partes de una construcción o entre dos materiales. Su objetivo es neutralizar las deformaciones y evitar así la aparición de fisuras.

**La condensación:** Cuanto más caliente es el aire, más vapor de agua puede contener. En caso de enfriamiento, deberá restituir una parte de esta humedad. Es lo que ocurre cuando, al entrar en contacto con una superficie fría, por ejemplo en un muro, el aire caliente y húmedo deja gotitas de condensación.

#### FUENTES DE HUMEDAD

En una edificación se pueden reconocer cinco fuentes de humedad, todas ellas de carácter físico, las cuales son: de filtración, ca-

pilar, de condensación, accidental o de uso, y de obra (Figura 2.1).

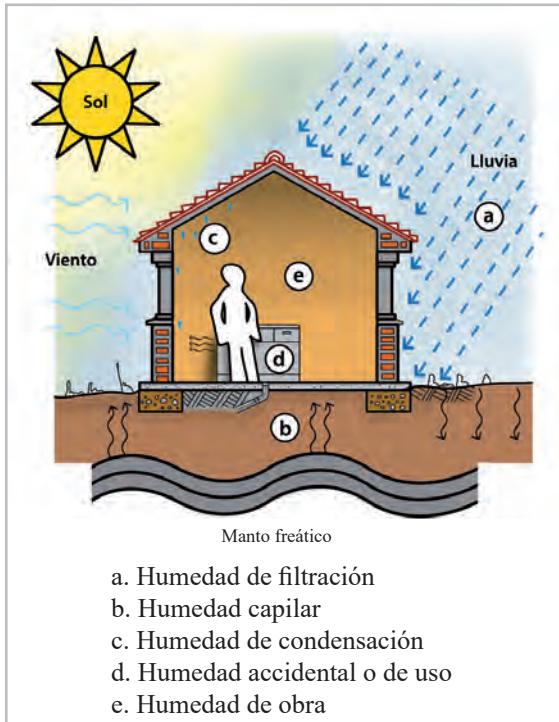
#### Humedad de filtración

También se le conoce como humedad de origen meteórico, producto del agua lluvia que penetra por la cubierta y la fachada de la edificación, a consecuencia de una deficiente impermeabilización. Las condiciones climatológicas, los movimientos de la estructura y el paso del tiempo pueden afectar de forma negativa a la impermeabilización y aislamiento de las superficies facilitando el paso del agua. Este tipo de filtración provoca la degradación de las cubiertas, las fachadas y de los revestimientos interiores, causando incluso cortocircuitos y daños en muebles, cuadros, ventanas, puertas, pisos, aparatos eléctricos, entre otros.

Esta es una de las causas más comunes de humedad porque tiene numerosos orígenes, todos relacionados con errores de proyecto, de ejecución, falta de mantenimiento o uso indebido. En muchas ocasiones se dificulta localizar el punto donde se produce la infiltración y la causa, debido a que se manifiesta en otros lugares y bajo formas engañosas.

Todos los elementos de la edificación y los materiales con que ha sido construida deben permitir la evacuación rápida del agua por lo que deben tener una pendiente adecuada, ninguna junta abierta, no permitir empozamientos, además de que sus materiales posean características que, en general, la velocidad de infiltración del agua no excede a la de su evaporación (poco hidrófilos, compactos o repelentes al agua); cuando usamos materiales que cumplen con dichas condiciones se protegerán con elementos de coronación de muros, alfajías, sombreros, cubiertas, revestimientos o pinturas.

Generalmente es producto de las precipitaciones de agua lluvia, viento, condensaciones higroscópicas que vienen del exterior y penetran al interior de la edificación a través de sus fachadas o de su cubierta, bien por la masa del mismo, a través de sus poros, bien aprovechando aberturas en el cerramiento, tanto grietas y fisuras me-



**Figura 2.1 Fuentes de humedad**

cánicas como juntas constructivas o de dilatación, como juntas de marcos, puertas y ventanas o cualquier forma saliente, oquedad, etc., y se desplaza manifestándose a veces en zonas alejadas de donde se presenta ésta. También puede tener origen en el agua utilizada para aseo y limpieza, así como en el agua de riego para las zonas verdes, plantas, jardines, o en elementos adosados a la edificación tales como jardineras, materas, las cuales también contribuyen, dependiendo de su volumen, a su deterioro.

La humedad exterior penetra en el interior de la edificación al presentarse estas situaciones:

- La no existencia de elementos de protección.
- Permeabilidad de las superficies de la cubierta y de la fachada.
- Fisuras y grietas en la superficie de los cerramientos, o en el interior de la cubierta o de la mampostería.
- Juntas estructurales y constructivas defectuosas.

- Desagües defectuosos en cubiertas, cornisas, balcones, etc.
- Bajantes deteriorados.
- Canales obstruidas o deformadas.

La humedad de filtración se agrava en los casos de presión hidrostática de agua sobre los cerramientos, pero lo corriente es que aparezca sin necesidad de dicha presión y con la simple presencia de la absorción del agua lluvia, incluso en las primeras fases de mojado y saturación de las que podemos considerar en la interacción agua-cerramiento. Entonces, en función de la estructura porosa del material y de su coeficiente de absorción, se facilita la filtración, incluso con aparición del fenómeno físico de la capilaridad, con recorrido preferentemente horizontal del líquido que penetra hacia el interior del espesor del cerramiento, pudiendo llegar a atravesarlo. En los casos en que la geometría de la fachada o de la cubierta ofrezcan plataformas horizontales o ligeramente inclinadas, ya sean losas, terrazas y balcones e inclusive molduras, la acumulación de agua será mayor y se podrá intensificar la filtración.

La humedad proveniente del exterior es un problema frecuente, porque el agua lluvia cae directamente sobre las cubiertas y las fachadas, o se desliza por la superficie de la tierra, y encuentra infinitos caminos para introducirse en la edificación. El agua que se introduce desde el exterior se delata por manchas que aparecen, sobre todo, durante las lluvias prolongadas o después de éstas, y siempre en el mismo lugar.

La humedad de filtración se produce en los cerramientos horizontales (cubiertas) y en los cerramientos verticales (fachadas) cuando las características de los materiales que los constituyen, y su geometría, hacen posible que el agua penetre. La filtración se presentará en ellos por tres vías: a través del propio material, si su estructura interna lo permite, y si la presión del agua es suficiente, por sus poros; por la existencia de fisuras y grietas; y por las juntas constructivas. Adicionalmente, la presencia de viento en el

caso de las fachadas aumentará la posibilidad de que se dé este fenómeno.

La humedad proveniente de filtración se manifiesta con intermitencias en cuanto a valores alcanzados en distintos días y horas; en las áreas donde aparece pueden ser más o menos extensas, con valores de humedad muy disímiles en cuanto a distribución en los muros, tanto superficiales como internos; en las zonas geográficas con viento, el agua cae horizontalmente, mojando demasiado la fachada.

Una fachada plana, sin aleros y sin elementos sobresalientes, facilitará que el agua, por la incidencia del viento cuando llueve, caiga directamente sobre su superficie, se moje y, dependiendo de su intensidad y del tiempo que dure la lluvia, se sature, lo que ocasiona que un determinado volumen de agua penetre hacia el interior y otro conforme una lámina lenta o rápida que correrá por ella (Figura 2.2).

En el caso de que la fachada tenga elementos de iluminación y ventilación, por ejemplo ventanas, éstas deberán contar en su parte superior con goteros y en su parte inferior con alfajías; si no cuenta con ellos, el agua se escurrirá hacia ella y tratará de penetrar al interior si sus materiales no son estancos y la junta entre muro y ventana no está sellada totalmente.

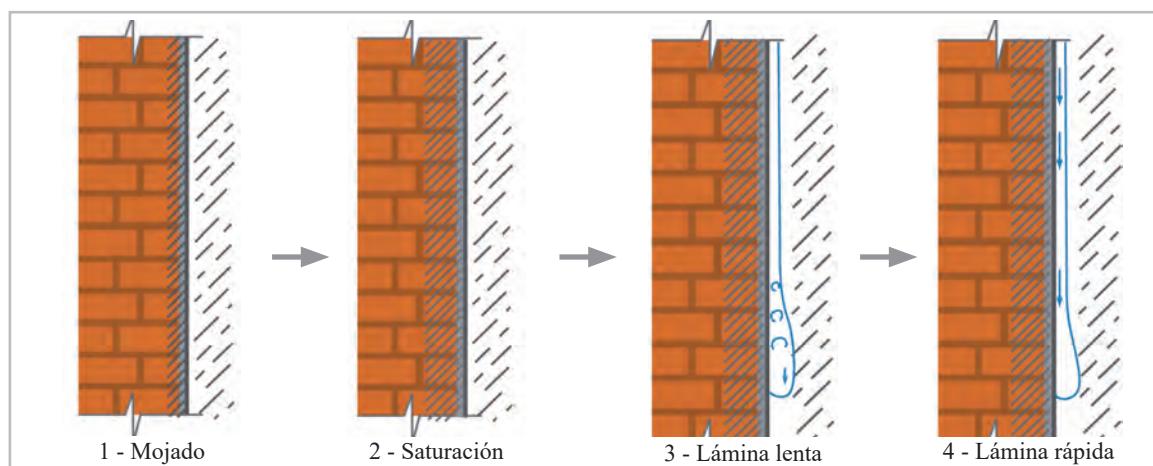
Ocasionalmente, el agua lluvia al dar contra el pavimento salpica la fachada en su

parte baja y penetra en ella bien por absorción o por alguna fisura; posteriormente asciende por capilaridad y se manifiesta como tal, sólo que de forma esporádica y en muros exteriores. En general, cualquier irregularidad, oquedad o rotura en el revestimiento exterior o la piedra desnuda, es un punto de posible filtración de agua lluvia.

La función principal de la cubierta como elemento de protección es impedir el paso del agua en sus diversas formas (lluvia, nieve, rocío, etc.) además de conseguir un acabado y aspecto determinado de la coronación del edificio.

Las superficies de las cubiertas, sean inclinadas o planas, deben garantizar la evacuación del agua lluvia. En el caso de las cubiertas inclinadas de carácter discontinuo, los problemas suelen presentarse por alteración del solape-inclinación, por efecto del viento, los anidamientos de aves e incluso el paso de las personas, que producen desplazamientos de las láminas de cubierta, lo que hace que el agua pase.

La variante de cobertura continua impide la penetración del agua mediante la soldadura de unas piezas con otras; los daños que afectan su condición de impermeabilidad provienen de acciones derivadas del mal uso o de una incorrecta ejecución, así como los producidos por penetraciones de agua, cuando el material aislante no está preparado para soportar esta acción.



*Figura 2.2 Procesos de humedad en fachada*



Las cubiertas deben contar con un sistema de evacuación para que el agua lluvia, mediante elementos ubicados en su perímetro o en su superficie, rápidamente se desplace por ellas evitando su permanencia y evitando que se estanke y con el tiempo penetre al interior.

Las cubiertas planas de concreto también son vulnerables a desarrollar fisuras. El calor del sol las expande, mientras que el frío de la lluvia y de la noche las contrae; esta continua expansión y contracción termina por agrietar la cubierta, lo cual ocasiona aún más filtraciones. La suciedad, restos de hojas de árboles, nidos de pájaros, y el musgo que se crea tras las lluvias, provocan el deterioro de las cubiertas y los sistemas de desague (canales, sumideros y bajantes de agua).

#### **Humedad capilar**

Se presenta cuando el agua proviene del suelo o de una plataforma horizontal cualquiera y asciende por los elementos verticales de la edificación ya sea por presión hidrostática ante el aumento del nivel freático o por acumulación de agua en el perímetro.

La humedad capilar en las edificaciones puede definirse como el flujo vertical de agua a través de la estructura de un muro o pared permeable, donde el agua procede del manto freático, o de una superficie con agua estancada. El agua asciende por los poros (capilares) de los muros mediante un proce-

so conocido en general como “capilaridad”; dicho de otro modo, el muro actúa como una mecha.

El agua que asciende a través de los capilares del suelo, por los poros de los materiales, lleva consigo sustancias solubles que ocasionan manchas, acumulación de sales, las cuales deterioran los materiales que constituyen los diferentes elementos verticales y horizontales de la edificación. Las sales acumuladas en los elementos constructivos aumentan el problema de humedad, ya que absorben y retienen la humedad mediante un mecanismo denominado absorción higroscópica.

Es bien conocido que este fenómeno físico de la capilaridad hace referencia a la presencia de un líquido que asciende por el interior de un tubo de sección estrecha. Se presenta en los muros de las edificaciones, principalmente en aquellas antiguas, debido a las características capilares de los materiales que conforman estos muros; los mismos poseen una trama de conductos y fisuras de diferentes calibres, comunicados unos con otros, que ante la presencia de agua producen este efecto. Se diferencia del resto de las humedades, por manifestarse en una sola franja y no en forma discontinua; por lo general el borde superior es irregular y crece en altura cuanto más ancho es el muro.

Este tipo de humedad por capilaridad se produce generalmente en los niveles bajos

de las edificaciones, sótanos y plantas bajas. Para que se produzca este fenómeno son necesarias dos condiciones:

- Presencia de agua en el terreno, abundante y permanente, o presencia de agua en una superficie horizontal.
- Continuidad capilar de los materiales empleados.

Para la primera condición existen dos fuentes principales, el manto freático o una capa superficial de agua de cualquier origen.

La altura a que puede llegar el agua en los muros depende del equilibrio de tres factores: la succión capilar, la gravedad y la evaporación.

La succión capilar depende de la sección de los conductos: a menor calibre el agua puede llegar a mayor altura; la gravedad es constante y siempre se opone a la ascensión del agua; la evaporación se afectará de diversos factores como pueden ser humedad relativa del aire, circulación del mismo, superficie expuesta del muro, etc. El agua subirá si existe una succión capilar mayor y bajará si se incrementa la evaporación.

Tienen influencia en este fenómeno:

- Los materiales que conforman los muros debido a las características capilares que posean.
- La edad del muro influye porque las propiedades capilares se incrementan más en conductos impregnados que en conduc-

tos secos. A esto se suma que el agua en su ascenso lleva sales solubles del suelo y las disueltas de los materiales de los muros; las sales se concentran en la zona de evaporación o sea en la superficie de los muros y esto crea una atracción adicional del agua por higroscopidad; es decir, el agua tiende a desplazarse de las zonas de menor a las de mayor salinidad.

- El espesor de los muros influye porque en muros gruesos la relación del volumen con su superficie expuesta se reduce, por lo cual existirá menor área de evaporación y necesariamente se reducirá la misma.
- La altura que alcance el agua dependerá de varios factores, entre ellos la estructura de los poros y el índice de evaporación. Los muros con una alta proporción de poros finos permitirán que suba el agua más que un material con poros gruesos; básicamente, son los poros más pequeños los que ayudan al agua a subir por la pared, y no los de mayor diámetro. El tamaño promedio de los poros de la mampostería proporciona un ascenso teórico de 1,5 metros, pero si la evaporación se ve seriamente retardada, por ejemplo por el uso de membranas impermeables, la humedad puede subir más de 2 metros.

Las principales rutas de ascenso del agua son las juntas de mortero, tal y como se ilus-



tra en la Figura 2.3. Para que el agua suba por los ladrillos debe cruzar una junta de mortero; de hecho, los lechos de mortero constituyen la única ruta continua para la subida del agua por el muro. Si la edificación está construida con ladrillos impermeables, el agua seguirá subiendo por la junta de mortero, pero si se utiliza un mortero impermeable el agua no ascenderá, aun cuando los ladrillos sean muy porosos. Las juntas de mortero son una parte importante del tratamiento químico contra la humedad capilar.

Las manifestaciones que indican que se está produciendo humedad por succión capilar son las siguientes:

- Se produce generalmente en los niveles inferiores de la edificación.
- Presencia de manchas de humedad oscuras y constantes en las paredes, que tienden a ir desapareciendo a medida que ascienden.
- Cierta erosión en la parte superior de la mancha, donde comienza la zona seca. Si se hacen mediciones del contenido de humedad en el muro se aprecia que los valores decrecen con la altura y son similares en distintos puntos a un mismo nivel.
- Cuando el agua se evapora en la superficie de los muros, deposita allí las sales contenidas formando manchas blanquecinas y cristales visibles, eflorescencias. Esta es la causa de la erosión allí produ-

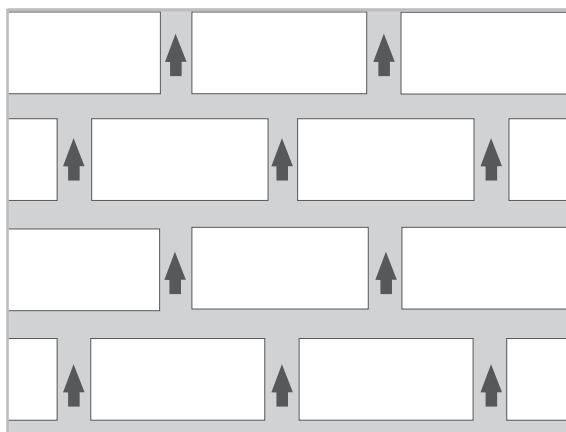
cida debido a que las sales al cristalizar aumentan de volumen, quebrando la cavidad donde se encuentran confinadas.

Este tipo de humedad no es la más común en las edificaciones, es la condensación. Sin embargo, es muy probable que una alta proporción de edificios viejos estén afectados por cierto grado de humedad capilar, que crea problemas a la hora de identificarla positivamente, aplicar las medidas correctivas oportunas y llevar a cabo labores auxiliares.

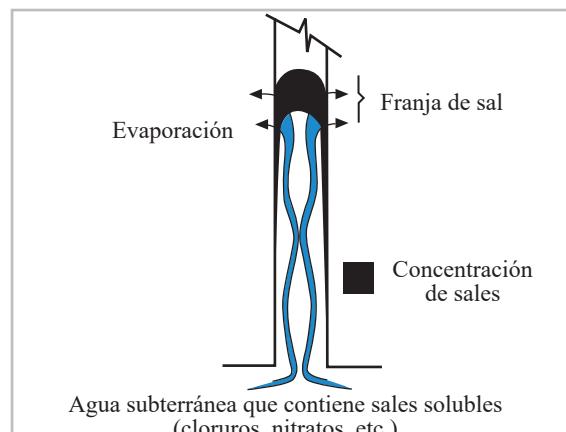
Si hay más de un foco de penetración del agua, puede resultar difícil distinguir sus distintos orígenes. En general, la presencia de humedad capilar activa viene indicada por un exceso de humedad en la base del muro, que va disminuyendo conforme se sube por él. El gradiente de humedad puede observarse normalmente hasta alturas de 1,5 metros pero, dependiendo de las condiciones y la estructura de la mampostería, puede alcanzar alturas mayores. A veces se puede observar una “señal de marea” que recorre casi horizontalmente la pared, con la zona inferior claramente húmeda.

La contaminación de la mampostería con una “franja” de sales higroscópicas (Figura 2.4) confirmará también la presencia de humedad capilar, pero no diferenciará entre un caso activo y uno pasado.

El uso correcto de un higrómetro eléctri-



*Figura 2.3 Agua subiendo por las juntas de mortero*



*Figura 2.4 Esquema de humedad capilar*

co de superficie puede ser de utilidad para determinar la existencia de un caso de humedad capilar, pero no sirve como prueba absoluta, sobre todo si se han tomado medidas correctivas con anterioridad. En general, con un higrómetro eléctrico se obtienen lecturas elevadas de superficie tras un repentino "corte" en la parte superior del sitio de la humedad. El patrón de las lecturas es el típico que se obtiene en casos de humedad capilar activa.

### Humedad de condensación

La condensación es un proceso molecular por el cual una sustancia cambia de un estado gaseoso a un estado líquido o sólido. En este caso el agua que penetra a la edificación se encuentra en el medio ambiente (humedad ambiental), la cual en estado gaseoso pasa a estado líquido al entrar en contacto con una superficie fría.

Este tipo de humedad en las edificaciones se produce en los climas donde existe una diferencia notable de temperatura entre el exterior y el interior. Cuando la ventilación de un espacio en uso es deficiente y no se cambia la masa de aire contenida, la humedad relativa llega a tomar valores próximos al de saturación; si además los muros poseen materiales que brindan poco aislamiento

por tener alta conductividad térmica, tienden a enfriarse y cuando el aire toma contacto con esa superficie fría, condensa el vapor de agua en forma de rocío. Estas gotas de agua son absorbidas por el muro y se acumulan en su zona superficial.

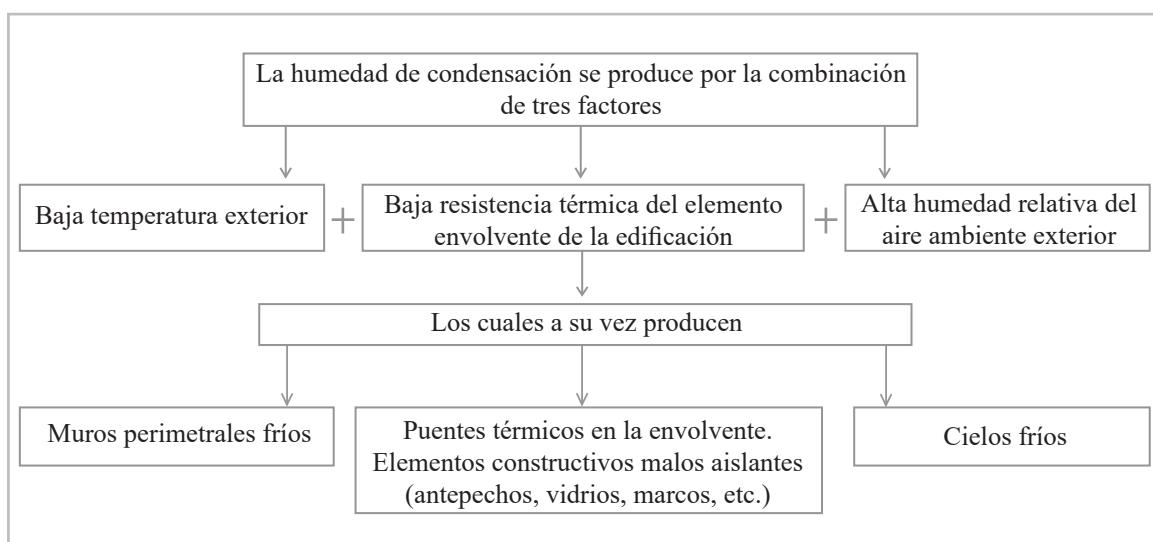
Las características principales de la humedad producida por condensación son:

- No es permanente. Aparece en determinadas ocasiones, cuando se dan las condiciones mencionadas anteriormente.
- Se manifiesta sólo en la superficie de los muros; no penetra en profundidad.
- Las mediciones de los valores de la humedad en la zona superficial son similares a cualquier altura del muro.
- Se produce en muros revestidos o construidos con materiales compactos.

El aire siempre contiene vapor de agua y puede mantenerlo en este estado, lo cual depende de la temperatura ambiente y de la temperatura de la superficie que entra en contacto con el aire. El aire interior de la edificación generalmente contiene más humedad que el exterior; a medida que el aire incrementa su humedad relativa, mayor es el riesgo de que ésta se condense.

En los cerramientos, como consecuencia de la condensación del vapor de agua que

*Diagrama 2.1 Factores de humedad de condensación*

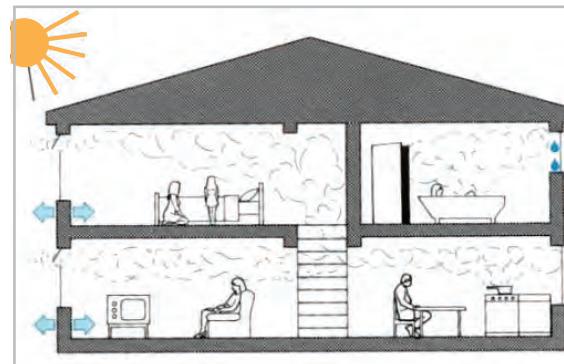


está en el interior de los mismos, en su recorrido de ambientes con mayor presión de vapor (normalmente los interiores) hacia los de presión de vapor más baja (los exteriores), el agua pasa de estado gaseoso a líquido, estableciéndose de esta manera una corriente de dicho vapor de agua que depende de la permisividad de los materiales, que va desde uno (cuando la barrera no existe) hasta cero (cuando el material es impermeable). Esto ocurre generalmente en invierno, dado que los cerramientos de las edificaciones se enfrian y la humedad no puede salir porque los ambientes no son ventilados de manera natural con tanta frecuencia como en verano. La humedad se aprecia en cristales y paredes con alto coeficiente de transmisión térmica y ocasiona deterioro en las condiciones de habitabilidad, proliferando las colonias de hongos, que se extienden a lo largo de las superficies (Diagrama 2.1).

Cuanto mayor es la temperatura del aire, mayor cantidad de agua es capaz de retener. Es decir, la probabilidad de que aparezca condensación es mayor cuanto mayor sea la humedad en el ambiente y menor sea la temperatura interior.

La condensación aparece cuando:

- a. Se aumenta la humedad del ambiente por la realización de:
  - Actividades domésticas.
  - Procesos de sueño.



**Figura 2.5 Actividades en la vivienda que producen humedad por condensación**

- Actividades diurnas.
- Riego de plantas, etc. (Figura 2.5)

b. Desciende la temperatura interior debido a:

- Pérdida energética por un mal aislamiento de la edificación, lo que sucede cuando las ventanas son poco aislantes.
- La desconexión de la calefacción por la noche, con el consiguiente descenso de la temperatura, que será mayor cuanto peor aislada esté la edificación.

Estas variaciones de humedad y temperatura son determinantes para que aparezca o no la condensación, y ésta aparecerá en aquellos elementos más fríos.

El riesgo de condensación depende de



cuán fría sea la superficie de los espacios; ésta se produce en puentes térmicos, en habitaciones poco ventiladas y en zonas donde la humedad relativa del aire es alta (baños, cocinas, saunas, etc.), debido a los vapores característicos de estos ambientes, cuando se abre el grifo para bañarse o ducharse, se llegan a producir casi dos litros de vapor de agua. Además de las superficies visibles, los materiales que no están a la vista también pueden ser afectados, por ejemplo, por la condensación que se produce en los cielos rasos.

También incide la ocupación de la edificación: cuantas más personas, mayor humedad (50/80 g de vapor de agua/hora por persona); por ejemplo, durante las horas de descanso nocturno, el cuerpo desprende cerca de un cuarto de litro de agua, así como cantidades muy elevadas, tan pronto como se desarrolla alguna actividad, especialmente si ésta requiere un esfuerzo extraordinario que nos obliga a transpirar; el uso de agua tanto fría como caliente y su consecuente producción de vapor de agua en las operaciones de lavar, secar, así como planchar ropa en el interior de la vivienda y la escasa ventilación de los espacios; el cocinar con estufas de butano, las cuales aportan una cantidad de agua al ambiente del orden de los 400/700 g/Kg de combustible consumido (Figura 2.8).

Una vivienda habitada por cinco personas alcanza aproximadamente los 10 Kg de agua en aire por día (sin tener en cuenta cualquier tipo de calefacción). Este vapor es generado por distintas actividades, como:

- Respiración (dormidos): 0,3 Kg
- Respiración (despiertos): 0,85 Kg
- Cocción de alimentos: 3 Kg
- Aseo personal: 1 Kg
- Lavado y secado de ropa: 5,5 Kg

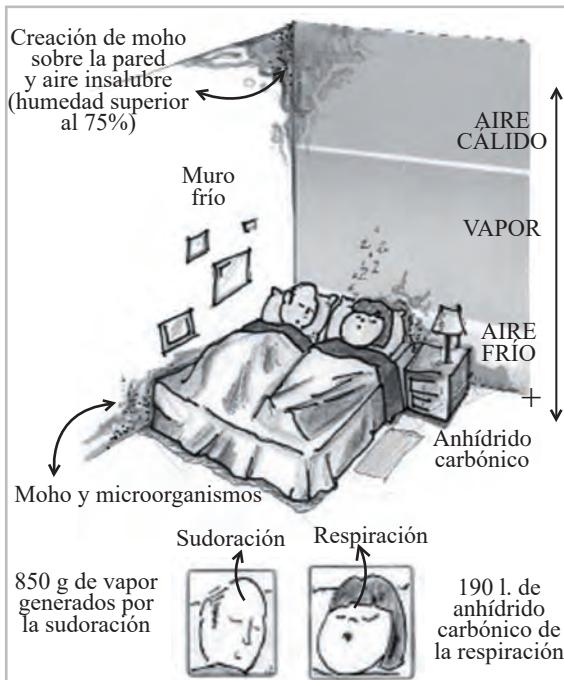
La humedad en el dormitorio, la respiración diurna y nocturna, así como la sudoración natural o el incremento de la temperatura, pueden provocar situaciones de aire insalubre dentro de la habitación. Estos fac-

tores son la causa de un aumento de la humedad del 80%. El aire húmedo e insalubre no sólo genera problemas estéticos, también afecta la estructura de la vivienda y sobre todo, con el tiempo, la respiración de ese aire húmedo genera problemas de salud y no permite disfrutar de un hogar confortable (Figuras 2.6 y 2.7).

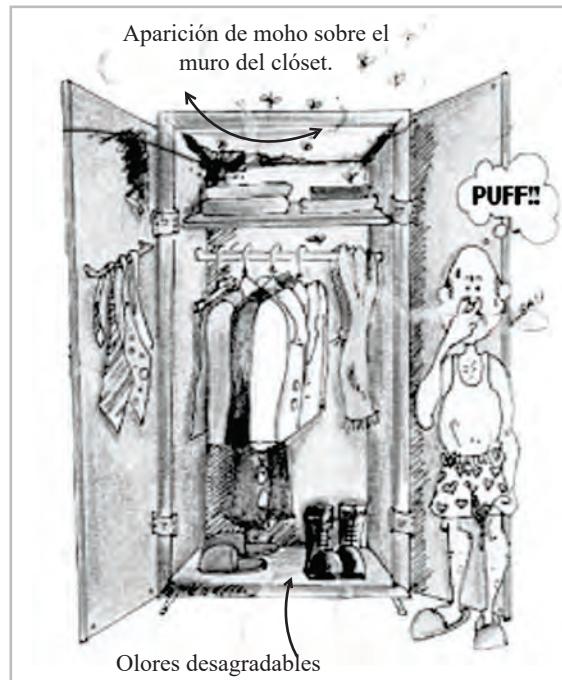
Otra fuente de vapor acuoso es la humedad externa, que puede penetrar por la cubierta, un muro que da al exterior o por un suelo que descansa directamente sobre el terreno en una planta baja o en un sótano y que carece de aislamiento o que no ha sido convenientemente tratado con un producto antihumedad. Al evaporarse el agua, cala hacia dentro por el efecto del calor que hay en el interior de la edificación, y con mucho mayor motivo si se utilizan los sistemas de calefacción durante las temporadas de invierno. De acuerdo con lo anterior, es inevitable la producción de vapor de agua en el interior de una edificación.

En la condensación se pueden distinguir tres tipologías, según su condición: la que ocurre en la superficie de la pared, conocida como condensación superficial; la que se presenta dentro de ella, o sea la condensación intersticial; y la producida por la condensación higroscópica.

**a. Condensación superficial interior.** Se produce cuando la temperatura de la superficie interior es menor que la exterior, por debajo de la temperatura de rocío (-2 °C), lo que causa que el vapor de agua contenido en el interior se condense en los muros interiores de la envolvente o, eventualmente, en el cielo raso. En superficies no absorbentes (ventanas, muros, pisos) la condensación se acumula y luego se descarga; por el contrario, en materiales absorbentes (madera, yeso, ladrillo), un porcentaje de agua penetra a la superficie. Si la superficie no es evaporada, puede generar moho. La condensación puede ocurrir, por ejemplo, detrás



**Figura 2.6 Humedad y sus efectos en el dormitorio**



**Figura 2.7 Humedad en espacios cerrados y sus efectos**

de los muebles ubicados contra muros externos, donde la superficie del muro no recibe suficiente calor y aire.

**b. Condensación intersticial.** Ocurre en el interior de la masa del cerramiento o dentro de dos de sus distintas capas. El ingreso o la fuga de aire en el interior del muro es la principal causa de condensación en sus cavidades. En veranos caluro-

sos y húmedos, el vapor húmedo se mueve hacia los lugares más secos y frescos de la edificación, viajando a través de sus muros. La condensación intersticial es invisible, se produce dentro del muro, en algún punto en su masa interior. El vapor de agua siempre va desde adentro hacia fuera, desde la parte más caliente a la más fría, por lo que trata de penetrar el muro de adentro hacia fuera, y en algún mo-



**Figura 2.8 Generación de humedad dentro de la casa**

mento se encontrará con la temperatura de rocío y ahí se condensará.

**c. Condensación higroscópica.** Se da cuando hay presencia de sales que facilitan la condensación del vapor de agua del ambiente. Cuando la causa principal es la presencia de sales higroscópicas en el interior de los poros del material se trata de una condensación intersticial, pero es conveniente distinguirla de ésta para efectos de su reparación ya que la preocupación no debe estar tanto en el aislamiento o la presión de vapor de agua, sino en la eliminación de las sales higroscópicas que causan la acumulación de agua y su condensación. El elemento afectado por la presencia de sales higroscópicas resulta ser sensible al agua tanto en forma de vapor como en estado líquido; a veces aparecen manchas de humedad de varios metros de altura que parecen de capilaridad ascendente y son en realidad producto de una condensación originada en el muro por la higroscopidad de los materiales; esta patología es la más difícil de reconocer en la práctica, porque aparece enmascarada.

¿Cómo saber si la edificación se ve afectada por este tipo de humedad? Se diagnostica por la aparición intermitente de veladuras y empañamientos en cristales y puntos bajos

de los diferentes espacios que la conforman, ya sean éstas viviendas, oficinas, locales, etc., además de erosiones en el repello o revoco de las partes afectadas.

Las tres tipologías de condensación se producen por la combinación de tres factores:

El primero de ellos es la baja temperatura interior; en la madrugada, cuando la temperatura exterior es mínima, se produce condensación de preferencia en los muros de orientación sur y en muros sombríos.

El segundo se origina por la baja resistencia térmica del elemento envolvente de la edificación; según sus características, ésta se producirá en muros fríos, cielo rasos fríos, puentes térmicos en la envolvente y en materiales que son malos aislantes. El puente térmico es una alteración a la baja del aislamiento térmico de los cerramientos; se trata de una zona relativamente fría, localizada en un cerramiento relativamente caliente.

Tal relatividad es sumamente importante en la prevención de condensaciones, ya que el riesgo aumenta con la diferencia de temperatura entre la parte normal del cerramiento y el puente térmico. De tal manera que, un soporte de hormigón interrumpiendo un cerramiento muy aislado térmicamente, representa mayor riesgo que si aparece situado en un cerramiento con menor aislamiento térmico.

La experiencia demuestra que, en la inmensa mayoría de los casos, las condensaciones superficiales se manifiestan en primer lugar sobre los soportes que interrumpen el cerramiento, especialmente sobre soportes de esquina; sin que ello quiera decir que no se manifiesten en otros “puentes térmicos”.

Y el tercero, por último, en el que también interviene la humedad relativa alta del aire del ambiente interior; mientras mayor es la HR interior mayor es el riesgo de condensación. En este factor intervienen positivamente algunas variables como el exceso de personas o el exceso de actividad física (50 g de vapor de agua/h por persona en reposo; en actividad severa, más de 120 g/h); el uso de calefacción húmeda como estufas



a gas o de petróleo (1 Kg de gas natural produce 2,25 litros de agua; 1 Kg de gas licuado produce 1,7 litros de agua; 1 Kg de petróleo o derivados produce 1,25 litros de agua); falta de extracción de aire del baño y cocina; lavado, secado y planchado dentro de la vivienda; falta de ventilación, entre otros.

De acuerdo con lo anterior, las causas principales de las humedades por condensación en las edificaciones son:

- Deficiente asoleamiento
- Mala ventilación
- Mal aislamiento térmico
- Uso de calentadores

Algunos elementos y componentes de la edificación, dadas las condiciones de humedad ambiental, se contraen, produciéndose fisuras; es el caso de los morteros y del concreto.

La condensación es la más misteriosa de todas las fuentes de humedad en las edificaciones y depende principalmente del aislamiento térmico de su envolvente.

Las consecuencias de la presencia de humedad por condensación son las siguientes:

- Malos olores
- Ambiente insalubre
- Formación de hongos
- Inhabitabilidad de la edificación.

#### **Humedad accidental o de uso**

Ésta es originada por fugas en los sistemas de redes hidráulicas y sanitarias (roturas

en tuberías de conducción o de evacuación), que provocan focos puntuales de humedad que aparece más o menos cerca de su origen. El efecto suele ser una mancha de humedad en forma de nube circular alrededor del punto de rotura, o de nube alargada que sigue el recorrido del conducto afectado.

En general se presenta como un problema localizado y constante; se produce por errores de ejecución o de diseño, también por falta de mantenimiento o sobreuso debido a fallas en las instalaciones o al deterioro en el tiempo de uniones, sellos, válvulas, tuberías o artefactos. Estas humedades pueden ser cíclicas o permanentes; las cíclicas aparecen y desaparecen y son producto de fugas en el sistema de evacuación de aguas residuales; las permanentes se originan por fugas en el sistema de abastecimiento de agua potable.

En las instalaciones defectuosas el agua escapa de sus conductos y se infiltra en los diferentes elementos constructivos, apareciendo manchas de humedad. Cuando se mantienen por mucho tiempo, pueden producir eflorescencias, ascender por capilaridad o tomar cualquiera de las manifestaciones que ya se conocen.

Las fugas en el sistema de abastecimiento y en el sistema de aguas residuales se presentan por rotura de las tuberías por sobretensión o por acción mecánica o por corrosión (Figura 2.9).



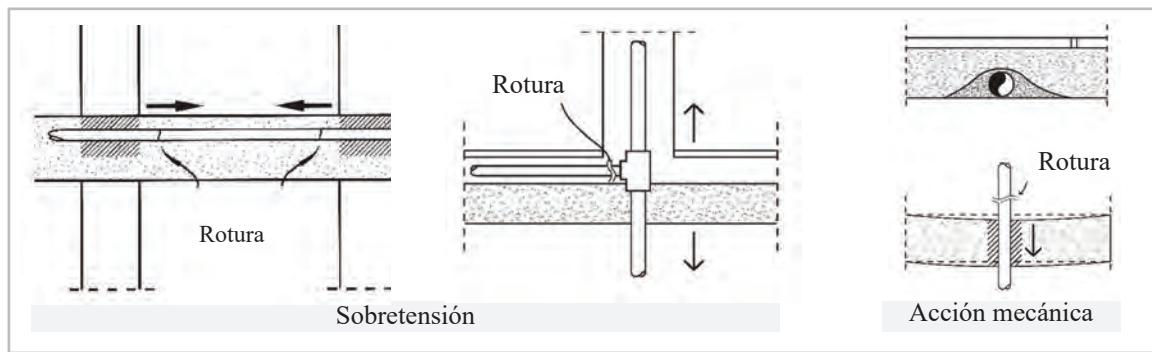


Figura 2.9 Humedades accidentales

**a. Rotura de la tubería por sobre tensión.**

Se presenta debido a cambios dimensionales y el esfuerzo de ésta provoca:

- **Grietas por tensión excesiva.** Estas lesiones pueden ser causadas por:
  - Tracción, cuando los movimientos de dilatación y contracción de los tubos se ven impedidos por sujetaciones excesivamente rígidas; al contraerse aparecen por tracción.
  - Esfuerzo cortante, cuando existan derivaciones perpendiculares a un ramal principal que dilata o contrae mientras aquella está rígidamente sujetada.
  - Punzonamiento, cuando los tubos sufren acciones mecánicas directas al estar bajo pavimentos sin protección suficiente.
- **Fisuras por fatiga en tubos de cobre y en sus accesorios.** En los tubos de las instalaciones aparecen a veces, junto

con los fenómenos de corrosión, erosiones y causas de lesiones mecánicas. Este tipo de situaciones (los cambios de dilatación a contracción) se presentan en las tuberías de agua caliente, y producen en los tubos, sus uniones y en los codos, un movimiento casi constante que sobrecarga las tuberías, especialmente en sus extremos. Si se han previsto pocos codos o lazos de dilatación, pueden producirse fenómenos de fatiga y aparecerán grietas transversales (roturas) en el tubo.

**b. Rotura de la tubería por acción mecánica.**

Es producto de acciones externas provocadas por el uso de la edificación y su entorno (obras de reparación, mantenimiento, movimientos del edificio o el paso de personas, vehículos) o por efecto de movimientos sísmicos. En conductos exteriores (bajantes y canales) se pueden producir roturas por simple desprendimiento al fallar las sujetaciones; ello puede ser debido a la falta de anclaje, a la corrosión o, incluso, a la aparición de par galvánico entre el hierro y el zinc de la tubería de la canal o el bajante.

**c. Rotura de las tuberías metálicas por efecto de corrosión.**

Se suelen romper debido a los fluidos que circulan en su interior, a posibles defectos de producción de éstas o por la aparición de pares galvánicos. El proceso de erosión aparece junto a los procesos de corrosión.



Estas erosiones son debidas a los arrastres de material por las altas velocidades y turbulencias del líquido en el interior de las tuberías. Las lesiones se manifiestan después de la curvatura y estrechamiento o ensanchamiento de los tubos donde suelen producirse adelgazamientos del material, que pueden ser causas de roturas. Después de los codos se producen altas velocidades y turbulencias en el agua que circula por el interior de los tubos. En estas superficies de choque, la capa de protección que se forma es arrastrada progresivamente dejando al descubierto el material primitivo, que se somete a una nueva oxidación. De esta manera se produce el adelgazamiento progresivo de las paredes del tubo y, del mismo modo, se produce la erosión mecánica de la superficie del tubo (Figura 2.10).

Los factores que influyen en la corrosión son: el pH del agua, sólidos disueltos en el agua (mineralización), temperatura, contenido iónico, presencia de partículas sólidas en suspensión, mezcla de metales, presencia de oxígeno en el agua, exceso de anhídrido carbónico libre, velocidad de circulación del agua, presencia de cloro en exceso, calidad y características de los materiales, corrientes galvánicas.

En conducciones de alcantarillado y acueducto, en función del material se distinguen cuatro tipos de corrosión:

- Corrosión de tuberías metálicas. Es aquella que se produce uniformemente a partir del agua que contienen y con la misma velocidad sobre toda la superficie metálica. En tuberías de hierro, acerogalvanizado y acero inoxidable normalmente da lugar a la formación de capas de hidróxidos que producen agua de color rojo; en tuberías de cobre, generalmente se forman carbonatos que aportan coloración verde al agua. Es el tipo de corrosión que produce normalmente un agua con carácter muy agresivo. En el caso de las tuberías de agua caliente la corrosión es más rápida y se distinguen los mismos procesos que en redes de alcantarillado y acueducto.

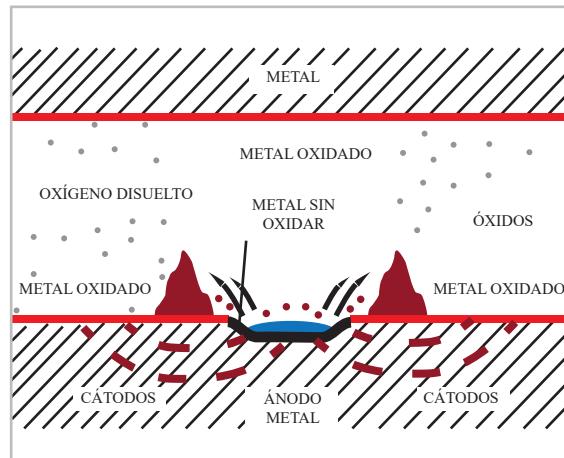
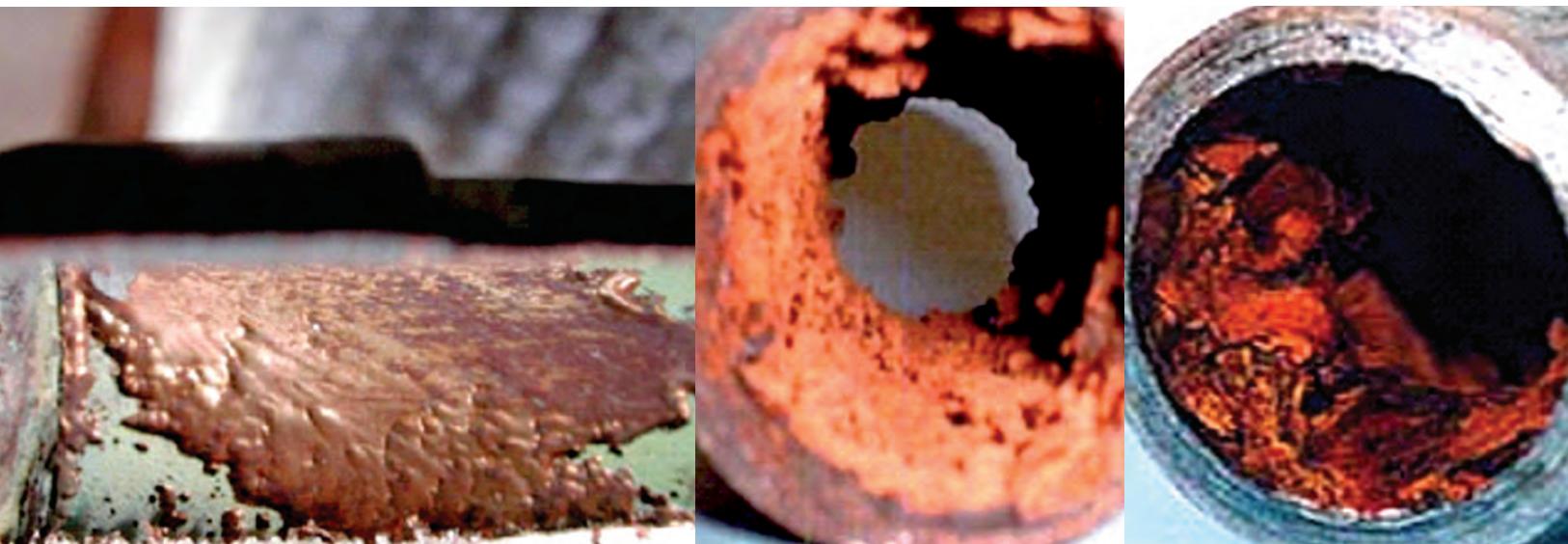


Figura 2.10 Proceso de corrosión - erosión

En el caso de las tuberías de hierro fundido, la corrosión en ellas puede aparecer por varios procesos:

- **Inmersión:** El más general, debido al contacto continuo de la tubería con el agua potable que, debido a su alto contenido en oxígeno, facilita la aparición de corrosión al disolver los posibles depósitos de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  que aparecen en las paredes interiores de las tuberías. La lesión es continua y uniforme a lo largo de la tubería.

- **Aireación diferencial:** Este tipo de corrosión se debe al depósito de partículas extrañas, normalmente arrastradas por el agua, sobre la superficie metálica interna de las tuberías. El agua contiene una pequeña cantidad de oxígeno disuelta en ella; este oxígeno provoca la oxidación de la superficie interna del tubo. Cuando dos metales distintos están en contacto directo, se produce una diferencia de potencial (micropila). Cuando además del contacto directo existe agua entre los dos metales, se produce una reacción electroquímica que conduce a la corrosión del metal más débil, el cual siempre será el metal no oxidado. El proceso de corrosión produce la disolución del material metálico situado bajo la partícula (zona anódica). Los productos generados en la corrosión van rodeando la partícula, dando lugar a la



formación de óxidos que se acumulan en forma de pequeños montículos que irán creciendo en volumen a medida que la partícula avanza a través de la pared metálica del tubo.

- Corrosión debido a un par galvánico. Se presenta cuando existe contacto entre dos metales distintos. Suele ocurrir en uniones de tubos de hierro, o de acero galvanizado, con tubos de cobre, incluso aunque se introduzcan manguitos aislantes de plástico. Cuando esto ocurre, el metal más activo (menos noble) se corroerá de forma muy rápida. Utilizando metales distintos en una misma instalación, siempre debe instalarse el menos noble antes que el más noble. Así, si por ejemplo se utiliza acero galvanizado y cobre, siempre se debe instalar el acero galvanizado antes que el cobre y nunca al revés, ya que entonces las partículas de cobre que pueden desprenderse irían a parar a la superficie del acero galvanizado, iniciando un fenómeno de corrosión galvánica.
- Corrosión debido a la presencia de algas y lodos orgánicos en el agua.
- Corrosión de las tuberías de fibrocemento. En ellas los ácidos fecales son capaces de disolver los álcalis del cemento y

reducir la sección de las paredes, lo que con el tiempo produce, incluso, su desaparición.

Las humedades accidentales o transitorias pueden causar las siguientes lesiones:

- Manchas de humedad en paredes y techos: destrucción de enlucidos, repellos o revocos y enfoscados.
- Desprendimientos de partes dañadas por falta de adherencia: paramentos y cielos rasos con humedades.
- Síntomas de disagregación superficial en morteros.
- Saturación de los elementos de cerramiento ya sean en arcilla o en concreto.
- Aparición de eflorescencias por el transporte de sales desde el interior de los elementos lesionados a la superficie.
- Putrefacción de la carpintería de madera.

#### **Humedad de obra**

Los niveles de humedad contenidos en la obra están determinados por los materiales empleados y por su forma de colocación. Cuanto menor sea la humedad, menores serán los inconvenientes que puedan producirse posteriormente y más rápidamente podrá usarse.

El agua utilizada en la elaboración por vía húmeda de materiales, componentes o

elementos de la edificación y que está presente en su proceso de producción o construcción (mampostería, revoques de mortero, contrapisos de concreto pobre, rellenos de pendientados, etc.) generalmente queda confinada en la obra, aun después de que ésta haya alcanzado su finalización teórica.

Ante esta situación no queda más remedio que dejarla evaporar y escurrir naturalmente, hasta que sólo quede en el muro o en el elemento una cierta cantidad que podemos considerar “natural” o de permanencia no perjudicial.

Los grandes problemas de humedad en obra se observan en construcciones de gran masa. Cuando las construcciones son de pórtico, por sus menores masas en los elementos estructurales, existe menor presencia de humedad. Las estructuras metálicas no presentan tantos inconvenientes como las de concreto.

Las formas de construcción tradicionales, basadas en el uso del agua, hacen que si no hay aireación y ventilación ésta permanezca en el material, como por ejemplo el agua de la mezcla del concreto, de elementos estructurales y no estructurales. El agua en el mortero de pega de mampostería, el agua en el mortero de repello, en el estuco, en algunas pinturas y otros recubrimientos, así como el agua para la pega de ciertos revestimientos y

el agua para el aseo de la obra, puede quedar atrapada en su interior.

Este remanente de agua que ha quedado en los componentes, elementos o partes de la edificación, producto de los procesos de ejecución, en sí no es una lesión, el problema se presenta cuando ésta no se deja salir a la superficie; es decir, si no se permite su secado, para posteriormente aplicar el acabado; de lo contrario, se está creando una barrera que dificultará su evaporación y por consiguiente que se originen presiones de adentro hacia afuera que producen embombamientos, ampollas, desprendimientos, eflorescencias e, incluso, posibles erosiones físicas que deteriorarán la edificación en el tiempo.

Algunos elementos, dadas las condiciones de humedad ambiental, pueden tardar más de un año en eliminarla; esto podría sugerir la necesidad de acelerar el proceso de secado, lo cual muchas veces no es conveniente, ya que los materiales al secarse se contraen, produciéndose fisuras, como los morteros y los concretos.

Identificadas las distintas fuentes de humedad en la edificación, a continuación, en el Cuadro 2.1, reconocemos varias señales e indicadores que facilitan su comparación y se constituyen en elementos fundamentales para el diagnóstico y reparación. Si hay más de un foco de penetración de agua, puede resultar difícil distinguir sus orígenes.

#### FORMA DE MANIFESTARSE LA HUMEDAD

De acuerdo con la forma de manifestarse, se pueden reconocer doce (12) tipos de expresiones, que son: manchas; goteras y filtraciones; decoloración; páginas; musgos, líquenes y hongos; eflorescencias; óxidos; descascaramientos; erosiones; ampollas o embombamientos; desprendimientos; y hundimientos. Muchas de estas expresiones pueden presentarse simultáneamente o de manera secuencial.

**a. Manchas:** Son zonas sombreadas en las superficies de muros, pisos, cielo rasos que



*Cuadro 2.1 Comparación de humedades*

<b>Indicador</b>	<b>Humedad de filtración</b>	<b>Humedad capilar</b>	<b>Humedad de condensación de superficie</b>	<b>Humedad accidental o de uso</b>	<b>Humedad de obra</b>
Higrómetro eléctrico o sícrómetro	Normalmente brusco	Cambio brusco en la parte inferior del muro	Cambio gradual	Normalmente brusco	Cambio gradual
Medidor de carburo	Probablemente desigual; va desapareciendo según se aleje del punto de penetración	Humedad en las zonas bajas y seco en las altas	Seco en el interior de la mampostería	Humedad localizada o semilocalizada probablemente desigual	Humedad localizada
Proliferación de moho	A veces, depende de las condiciones	Raramente	Sí, puede ser desigual	A veces, depende del tiempo de intervención	A veces, depende de las condiciones
Goticas de agua / agua libre en la superficie	Depende de la intensidad	No está presente	Sí, pero depende de la superficie y de las condiciones	Depende de la intensidad y del volumen de agua	No está presente
Sales higroscópicas (cloruros / nitratos)	No está presente	Presente	No está presente	No está presente	Presente
Humedad en zócalos de madera	Depende de la posición de la penetración del agua	Alta (si está en contacto directo con la pared)	Baja	Depende de la localización en donde se produce	Baja
Humedad por encima de 1,5 m	Depende de la posición de la penetración del agua	A veces	Depende de las condiciones	Depende de la intensidad	No está presente

aparecen por la presencia de agua y cambian la tonalidad del color de éstas. Constituyen el primer paso para la aparición de otras expresiones tales como eflorescencias, pátinas, óxidos.

Las manchas suelen aparecer por la acción combinada de humedades internas y el asoleamiento de la fachada.

En caso de que para el recubrimiento se haya empleado una pintura de dispersión acuosa, en lugar de ampollas suelen aparecer manchas superficiales que oscurecen la pared formando áreas más o menos grandes, según la importancia de la lesión. Con el paso del tiempo, las manchas evolucionan y dan paso a fisuras cuyas hendiduras se abren formando una especie de celdillas de forma irregular. El proceso acaba con el desprendimien-

dimiento de los trozos de película dañada, formándose desconchados.

En todas ellas la película que se forma al secar el producto adquiere la dureza de un esmalte, pero no su flexibilidad. Generalmente se anuncia por la aparición de un cuarteadillo. A partir de ese momento el revestimiento quedará expuesto a la lluvia y a las agresiones de los agentes ambientales, lo que determinará que se vaya deteriorando.

Las manchas pueden ser de varios tipos: suelen ser depósitos de materiales, disueltos en el agua, que se dan en el intradós de la cubierta o en la alteración de los revestimientos al ser atacados por la propia agua o por agentes de carácter biológico. Son sucesiones que suelen deberse a humedades previas. El tipo de mancha ayuda a descifrar

de manera genérica dónde se encuentra el origen de la misma, y poder llegar a algún tipo de hipótesis de diagnóstico sólo con el acercamiento visual, siempre que se trate de humedades por filtración del agua lluvia, ya que las humedades de condensación no están tan condicionadas, como las primeras. Así, se tendrá en el caso específico de cubiertas inclinadas:

- Manchas radiales: que se producen porque el agua se queda estancada, sin producirse su movimiento.
- Manchas longitudinales que bajan por el faldón: Que podrían deberse a lesiones por dislocaciones, mala colocación de la teja, rotura de algún elemento constituyente de la cubierta.
- Manchas longitudinales marcadas transversalmente a la pendiente del faldón, las cuales dependen de dónde se sitúen:
  - En la intersección con la fachada: Puede deberse a fallos en el sistema de evacuación de aguas, a desprendimientos de aleros, a ausencia de goteros, etc.
  - En cualquier otro lugar. En la intersección de elementos salientes, vanos o huecos, etc.

**b. Goteras:** Concentración de agua en un punto, producida por la filtración de agua libre a través de poros, o por la condensación de agua, en estado gaseoso, que al entrar en contacto con una superficie fría pasa a esta-

do líquido, o también suele ser consecuencia de una lesión, como por ejemplo juntas deterioradas, fisuras o grietas, discontinuidad en el paño de cubierta por mala solución de encuentros, etc.

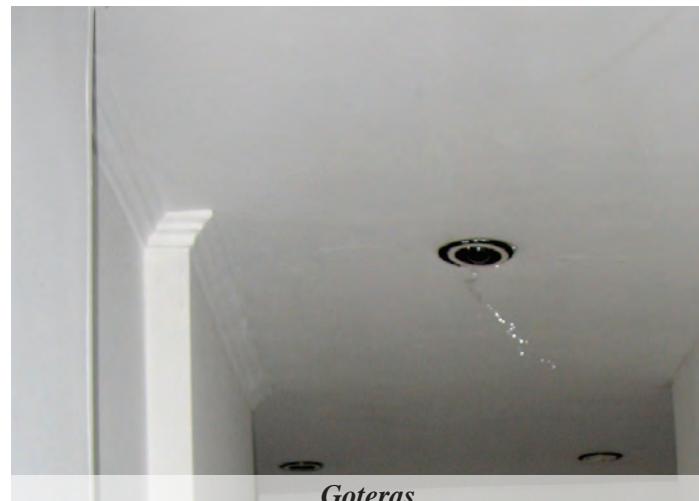
Cuando existe una filtración de agua en una superficie, al principio aparecen las manchas de humedad, pero si la filtración continúa, la humedad aumenta hasta generar goteras. Las goteras implican una corriente de agua permanente que provoca daño progresivo en los elementos que compromete.

El caso más común se debe a una filtración en el techo, por un defecto en la impermeabilización del mismo. Una rotura de la lámina impermeable o el despegue de sus bordes, abren una vía de entrada fácil para que el agua llegue hasta el interior de la edificación. Si el fallo se origina en un piso intermedio de ésta, lo más seguro es que la filtración se deba a una rotura en las canalizaciones de agua del piso inmediatamente superior.

Las goteras pueden obedecer a varias causas pero por lo general se deben a desorganización del tejado o a rotura de algunas tejas. El agua de lluvia que corre por el faldón, al encontrar una abertura o una grieta penetra por ella y se va filtrando a través de la fábrica de la armadura y del suelo y cae gota a gota en el piso siguiente. Las tejas nuevas suelen también producir goteras por filtración del agua a través de sus ca-



*Manchas*



*Goteras*

ras pero estas goteras no son preocupantes porque pronto se obstruyen los poros de la teja con las incrustaciones del agua que se ha ido filtrando y desaparece la gotera por sí misma. La insuficiencia de los canales y bajantes para contener la masa de agua que en ellas se reúne en los períodos de lluvia, es otra causa de las goteras.

Las goteras no presentan sólo el inconveniente de entrar en las edificaciones mojando y manchando el mobiliario, sino que inutilizan la decoración de los espacios en que se presentan y, lo que es peor, pudren los pisos de madera y su estructura u oxidan las jácenas si el piso es de hierro y pueden ser causa de hundimientos parciales y hasta de la destrucción de éstas. Una gotera se conoce precisamente por esas grandes manchas que presentan en los cielos rasos y que muchas veces los desprenden y, si no se remedia inmediatamente, cuando las fábricas no pueden aguantar más agua, ésta cae gota a gota dentro de las edificaciones.

Cuando las goteras proceden de insuficiencia en las canales y tubería de salida no queda otro recurso que aumentar sus dimensiones o retirarlas del tejado si sólo se presentan las goteras en lluvias excepcionales. Cuando proceden de excesiva porosidad en las tejas, se puede remediar la filtración embetunando o pintando las tejas o cubriendolas con una lechada de cal. Pero cuando procede de roturas en el tejado sólo se puede remediar con el cambio de la teja.

**c. Decoloración:** Blanqueamiento u oscurecimiento del tono o pérdida de la tonalidad original de color de la superficie producida por acción del agua, que genera la disolución o descomposición de sustancias.

Se produce habitualmente por la succión irregular, debida a la heterogeneidad de los elementos que conforman la superficie y su soporte.

El grado de decoloración está influido por múltiples factores, entre otros, por las características de los materiales y el tipo de sustrato que los conforman, en el caso de los textiles el tipo de mordiente. Las lacas or-



*Decoloración de muros*

gánicas y las anilinas vegetales son las más sensibles a la decoloración.

Las decoloraciones indican presencia de humedad por agua en estado líquido, o sea de material mojado, en especial si van acompañadas del olor, que suele producirse por la ascensión capilar, la filtración por penetración de agua lluvia, la inundación por defectos de las instalaciones, la absorción de vapor de agua por eflorescencias superficiales, la condensación del vapor de agua en la superficie de los elementos de cerramiento.

En países de clima tropical como el nuestro, este riesgo es mucho mayor, ya que las condiciones ambientales propician la aparición más frecuente de agentes adversos a la estructura molecular de los materiales usados como acabados de superficie.

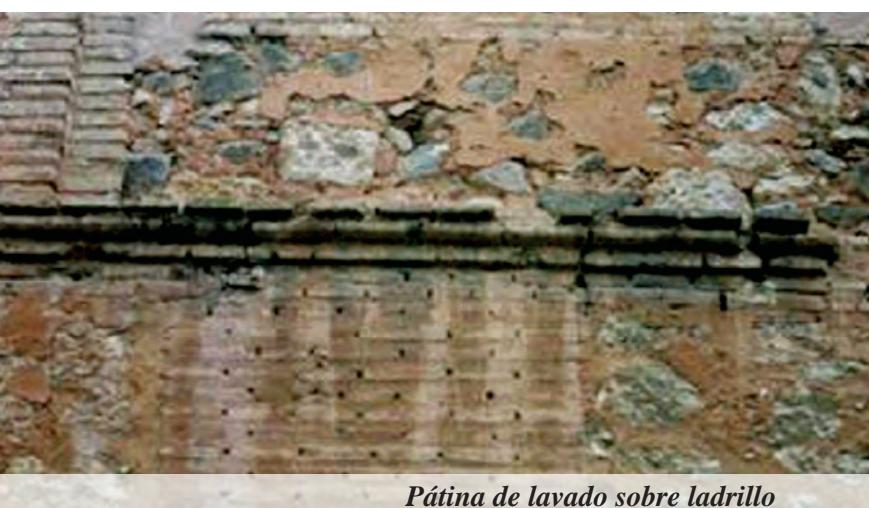
**d. Pátinas:** Mancha opaca que deteriora el aspecto de los materiales de construcción, producida por el agua lluvia que arrastra partículas en suspensión y sustancias agresivas provenientes de la contaminación atmosférica. Dependiendo del tipo de sustancias puede llegar a generar daños que comprometan la vida útil del elemento constructivo.

Las pátinas son delgadas películas superficiales, que pueden tener diversas causas y tipologías:

- **Pátinas de envejecimiento:** Causadas por el propio paso del tiempo y exposición a la intemperie.
- **Pátinas de suciedad:** Ennegrecimiento



*Pátina de suciedad en bloques de calizas*



*Pátina de lavado sobre ladrillo*



*Pátina biogénica en areniscas*

causado por contaminación ambiental inducida por los hollines residuales dejados por la combustión incompleta de carbones (calefacciones) o del diesel de camiones o autobuses.

- **Pátinas de lavado:** Producidas por escurrantía diferencial del agua.
- **Pátinas de decoloración:** Varía la tonalidad natural de la piedra o del ladrillo. Es la llamada “noble pátina”.
- **Pátinas biogénicas:** La superficie de la roca está recubierta por organismos, como pueden ser líquenes.

e. **Musgos, líquenes y hongos:** Son microorganismos que ante la presencia de humedad permanente, mala ventilación o diferencia de temperaturas, crecen sobre la superficie de los materiales y elementos de la edificación generando deterioro y atacándolos en un proceso conocido como corrosión biológica. Los musgos, líquenes y hongos retienen humedad, favorecen la colonización y producen ácidos que modifican las superficies de los elementos en los cuales se reproducen; son un mal presente en todos los ambientes.

Por otra parte, la distribución de las especies saxícolas de musgos y líquenes se adapta bien al medio urbano, que les proporciona una gran cantidad de sitios donde desarrollarse, como vallas, fachadas de edificios, etc.; estas especies son normalmente menos sensibles a la contaminación que las epífitas. La especie *Lecanora muralis*, que está muy extendida en las ciudades, pertenece a este grupo. Este es un líquen incrustante bastante natural de riscos nitrófilos. Los musgos se encuentran principalmente en áreas de poca luz y humedad, también en grietas entre las piedras utilizadas en las fachadas de las edificaciones y en los pavimentos de calles húmedas de ciudades coloniales. Dondequier que se encuentren, los musgos requieren humedad para sobrevivir; luego, si existen musgos existe humedad y si existe humedad los daños se multiplican.

Los daños producidos por la humedad en



Musgos



Líquenes



Hongos

los muros, por la pérdida de masa, o a la salubridad, se deben a la aparición de mohos y hongos. Esta situación nos lleva al concepto de biodeterioro, que es la alteración y degradación física y química de las superficies de las edificaciones provocada por organismos vivos. Entre los agentes bióticos de mayor incidencia están las bacterias, hongos, algas, líquenes y briófitas, No siempre la presencia de organismos supone necesariamente un daño; la alteración suele ser simplemente estética.

En principio, se debe detectar y solucionar el problema que origina la humedad. Una vez resuelto, se debe lavar la superficie con agua y detergente y enjuagar bien. Después, se debe lavar con lavandina y volver a

enjuagar. También se recomienda embeber la superficie con un fungicida antes de volver a pintar la superficie.

**f. Eflorescencias:** Se producen en el elemento constructivo por humedad proveniente del interior que migra hacia fuera y en ese proceso lleva consigo sales minerales. Son manchas blancas o deposiciones algodonosas de diferente textura y apariencia de forma pulverulenta que pueden palparse con la mano, producidas por la disolución de sales contenidas en los áridos, los aglomerantes, el agua de amasado de los concretos y de los morteros, en los elementos de arcilla de los mampuestos y el mortero de asiento o en los materiales de soporte del revoque al entrar en contacto con el agua; suele también presentarse en superficies de cemento y fibrocemento.

Este fenómeno ocurre cuando la humedad disuelve las sales y las lleva a través de la acción capilar hacia la superficie. Cuando se evapora la humedad, deja tras de sí un depósito de sales minerales (Figura 2.11).

Su origen es muy variado, puede encontrarse en impurezas de la propia materia prima utilizada, como en el caso del sulfato magnésico, del cloruro sódico o del óxido de magnesio. En sales contenidas en la cerámica de soporte que emigran a través del revestimiento, como las sales de vanadio, que pueden contener las cerámicas y los sul-

fatos alcalinos que se forman por reacción del hidróxido cálcico de los cementos con los silicatos alcalinos de la cerámica en presencia de yeso.

La procedencia de las sales es muy diversa; la fuente puede estar en el suelo, en aguas subterráneas, excrementos de aves, antiguos tratamientos, en morteros o proceder del material original. Las sales más comunes son los sulfatos, cloruros, carbonatos y nitratos. Si la formación de estas sales tiene lugar bajo la superficie reciben el nombre de subeflorescencias, y si se forman en el interior, criptoeflorescencias. Su efecto destructor está en función de:

- El tipo de sal formada y el lugar de cristalización de la misma.
- Las condiciones ambientales. La humedad y la temperatura controlan los procesos de evaporación, disolución y precipitación. La presencia de fracturas o cavidades en el material, ya que la cristalización de las sales implica un aumento de volumen que tiende a acrecentar el grado de fracturación o del tamaño de cavidades.

Con frecuencia, la eflorescencia aparece poco después de haber sido construida la edificación; si la construcción se hace durante una temporada seca, ésta puede aparecer hasta después de la primera temporada

de lluvias. A menudo la eflorescencia es removida de manera natural por el agua de lluvia; en los casos en que se produzcan depósitos pesados o continuos, es recomendable investigar y corregir la fuente de las sales y la humedad que contribuyen al problema.

La eflorescencia debe removerse tan pronto como sea posible para evitar la formación de carbonato de calcio, un depósito mineral muy difícil de erradicar. Si la aparición de eflorescencias debe su origen al exceso de humedad durante la construcción, y las manchas son escasas, se procede a limpiar las superficies en seco con cepillo, y repetir la operación hasta que el exceso de agua termine por evaporarse.

Cuando las eflorescencias obedecen a un alto contenido de sales en el muro, además del cepillado anterior, en un elemento que no se halle saturado de humedad se puede efectuar una impregnación con una solución de ácido clorhídrico. El ácido reacciona con el hidróxido de calcio formando cloruro de calcio que se expande taponando los poros del material tratado e impidiendo la aparición de nuevas eflorescencias.

Las eflorescencias que aparecen en la zona inferior de los muros denotan, además de la presencia de sales en el suelo, una deficiente impermeabilización. Aquí la eflorescencia, además de ser una patología en sí, puede ser síntoma de una falla en las capas

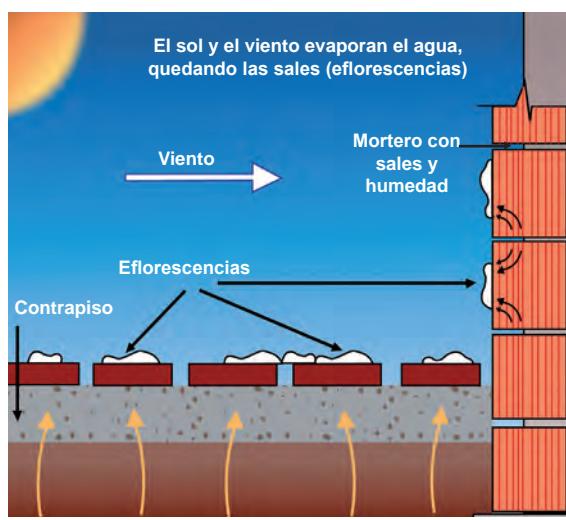
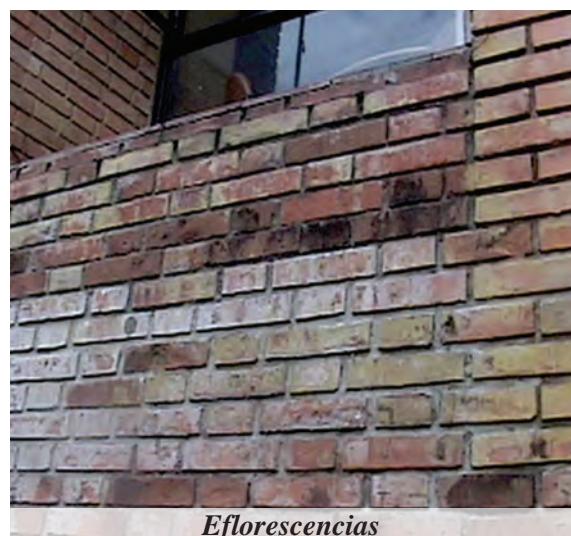


Figura 2.11 Eflorescencias



Eflorescencias

aisladoras del muro afectado, lesión que implica una reparación de la impermeabilización faltante o defectuosa.

**g. Óxidos:** Manchas rojizas producidas por la oxidación del acero de refuerzo en el concreto o en estructuras de acero, por la presencia de humedad, que hacen que el material reaccione químicamente. Constituye el primer estadio de la corrosión. En sí es un proceso patológico de orden químico en el que interviene por un lado el medio ambiente que rodea el elemento (acuoso o seco) y la constitución metalúrgica del propio elemento.

Así, la oxidación es un proceso por el cual la superficie de un metal reacciona con el oxígeno del aire (o del agua) que le rodea, produciéndose una capa superficial del óxido del metal en cuestión. En el fondo, no es sino un proceso de recuperación del estado natural de dicho metal.

En efecto, los metales no se encuentran en la naturaleza en estado puro, excepto los metales preciosos; por el contrario, están combinados en diversas formas químicas, las más corrientes, los óxidos; de ahí que a la menor ocasión el metal tome las moléculas necesarias de oxígeno. Dicha oxidación, en la mayoría de los metales, produce una capa de un material compacto y resistente que se constituye en protección para el resto del metal, protección que evita que éste se siga oxidando, por lo que alcanza un punto

de estabilización. Esto no ocurre en el hierro y en la mayoría de sus aleaciones donde la capa de óxido férrico que se forma suele ser porosa y frágil, facilitando la acumulación de agua y suciedad, estado que hace que la oxidación avance e incluso dé paso a la corrosión.

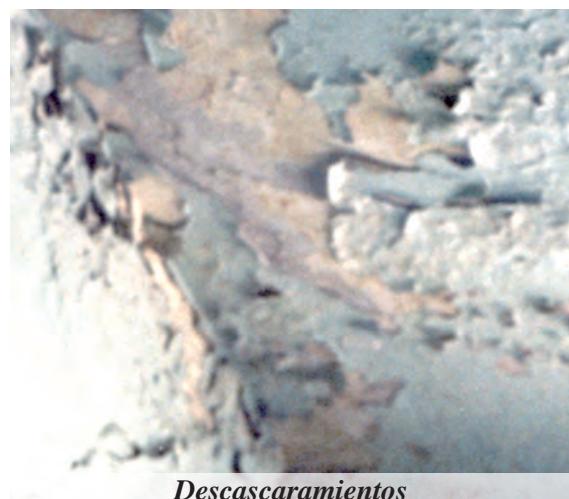
**h. Descascaramientos:** Defecto o daño que se presenta en un recubrimiento por pérdida de adherencia, desprendiéndose en lajas o escamas producto de la humedad contenida en el interior del material o elemento constructivo que ejerce presión para emerger a la superficie. Esta lesión es producto de condensaciones superficiales que generan levantamiento de pinturas en el intradós, provocada por acción biológica externa, mantenimientos inadecuados, etc.

El descascaramiento puede manifestarse como un desconchado; este es uno de los defectos más comunes en las pinturas, normalmente es consecuencia de una mala aplicación de la misma o por la acumulación de muchas capas de pintura o por su aplicación directa sobre superficies que no han sido acondicionadas previamente, superficies flojas, con polvo, grasa o humedad. La pintura carece de adherencia y comienza a desprenderse en trozos irregulares.

Es una patología característica de la pintura a la cal y al cemento, temple, emulsiones, preparados a base de resinas sintéticas,



Óxidos



Descascaramientos

etc. La cal sobre la superficie no es buena porque está constituida por partículas de polvo muy pequeñas que dificultan su adherencia y hacen que tenga altas probabilidades de descascararse rápidamente. Para que esto no ocurra, antes de pintar sobre cal, es necesario eliminar las partes sueltas o mal adheridas, rasqueteando o cepillando la superficie. Luego se aconseja aplicar una capa de fijador sellador sintético o fijador al agua, diluido 1 parte de fijador, 2/3 partes de agua.

Para corregir los descascaramientos, independiente de las características del material se tienen que retirar los restos de pintura con soplete, lija o espátula hasta lograr una base firme. Luego, limpiar con un cepillo de cerdas para eliminar de la superficie cualquier partícula de polvo, hasta la remoción total de las partes sueltas o mal adheridas. Dar una mano de fijador al aceite y cuando seque, enlucir. Sobre el enduido (material a base de emulsiones acrílicas, también conocido como pasta muro o pasta mural) lijado, aplicar otra mano de fijador. Por último, y una vez seco, proceder a pintar.

**i. Erosiones:** Depresiones o rebajamientos producidos en la superficie de un elemento constructivo por el roce con otro o por la acción del agua que cae o circula sobre él generando desgaste sobre su superficie; la erosión es un proceso lento y continuo y está asociado a las características y propiedades del material.

En los granitos y en las areniscas se presentan procesos de arenización en los primeros y de disgregación en las segundas, por lo general estos son superficiales, debidos a la pérdida diferencial de algún componente mineralógico. La arenización se debe a la meteorización de los feldespatos, los cuales son eliminados con facilidad, quedando sueltos los granos de cuarzo; la disgregación se presenta por la disolución del cemento carbonatado o pérdida de la matriz arcillosa, lo que libera los granos. Las pérdidas de material, en algunos casos pueden llegar a ser generalizadas, perdiéndose completamente



**Erosiones**

determinados componentes constructivos o piezas arquitectónicas, normalmente por evolución de alguno de los efectos anteriores.

Dentro de las erosiones pertenecientes a las lesiones producidas por la presencia de agua se reconocen dos tipos: las de origen químico y las de origen físico.

- **Erosiones químicas:** Se entienden como tal aquellos tipos de erosiones en los que las reacciones químicas entre distintos elementos constitutivos de los materiales o entre ellos y los compuestos contenidos en la atmósfera, sean naturales o artificiales, constituyen la base principal del proceso patológico. Son producidas por dos factores: la humedad de filtración y un elemento contaminante. Estos elementos contaminantes pueden darse en la atmósfera ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , ...), que atacan, en mayor medida, a materiales pétreos (calizas, concreto, ...); también pueden ser producidos por organismos. Dentro de este tipo de erosión se incluyen las lesiones derivadas de la formación de par galvánico, por empleo de materiales incompatibles, como pueden ser el cobre y el acero galvanizado, cobre y zinc, aluminio y cobre.

- **Erosiones físicas:** Los agentes más corrientes son fenómenos atmosféricos normales (agua y oscilaciones térmicas), actuando conjuntamente por lo que también se conoce con el nombre de meteorización. La presencia de humedad y los cambios de temperatura afectan a mate-

*Evidencias de arenización en granito**Disgregación en areniscas*

riales porosos (pétreos y cerámicos). Se suelen dar en los bordes de las tejas, aunque puede llegar a ser causante de su rotura o en los remates o coronaciones de los muros o en los antepechos o también en los paños ciegos de los muros afectando generalmente a las superficies exteriores, con mayor intensidad en función de su nivel de exposición y su estructura mineral. El proceso patológico presenta un carácter físico, desde el agente erosionante hasta el mecanismo de erosión, resultando, también, con una pérdida de material superficial producida de un modo más o menos lento y continuo.

El agua se filtra por los poros del material y puede provocar dos efectos erosionantes: Aumento de volumen con la consiguiente dilatación diferencial de la superficie con respecto al interior del material. Y por otro lado, el agua infiltrada puede inducir la disolución de alguna de sus partículas, produciendo la inevitable erosión.

Los cambios de temperatura desencadenan en el material seco unos cambios dimensionales alternativos que, al igual que en el caso del agua, pueden ocasionar microfisuración. La disminución de la temperatura combinada con la presencia de agua infiltrada, puede generar la helada de la misma con su consiguiente dilatación que, a su vez, puede causar rotura de la estructura del material.

**j. Ampollas o embombamientos:** Vejigas formadas en la epidermis producidas por el aire o por la humedad contenida en la superficie que ejerce presión para salir, reacción expansiva que genera embombamientos o abolsamientos en la zona inmediatamente situada bajo la superficie.

Las ampollas consisten en un hinchamiento parcial de la pintura, que se produce en varios puntos y con diferentes tamaños. Esto no afecta para nada su resistencia mientras no llegue a romperse. Generalmente las ampollas se forman en pinturas resistentes y flexibles, aplicadas sobre un soporte inadecuadamente preparado. Su aparición puede obedecer a humedades internas que afloran a la superficie del paramento en donde no pueden evaporarse y quedan atrapadas en la capa elástica de la pintura, la presionan y forman las ampollas. En ocasiones al analizarla se observa que en su interior tiene un polvillo blanco, parecido a una eflorescencia.

Las ampollas, desellejaduras, elevaciones superficiales después del secado, y piel de sapo se producen cuando concurren simultáneamente las siguientes causas: soporte muy húmedo, deficiente ventilación, atmósfera saturada de humedad y amasado con mucha agua.

La formación de ampollas también puede ocurrir cuando una pintura de buena calidad humedece la película de pintura anterior, de calidad inferior, provocando su dilatación.

*Ampollas o embombamientos*

Para corregir, se recomienda rasqueterar las partes afectadas, aplicar una mano de fijador sellador sintético, retocar la superficie con enduido plástico en interiores o con masa acrílica en exteriores.

Puede también aparecer en paredes interiores después de lijado el enduido (material a base de emulsiones acrílicas), si el polvo no fue eliminado o cuando la pintura no fue debidamente diluida. El uso de enduido muy débil (con poco contenido de resina) también puede ocasionar ampollas. Se corrige mediante remoción (rasqueteado) de las partes afectadas. Hecho esto se recomienda aplicar una mano de fijador sellador sintético, retocar la superficie con enduido de buena calidad.

**k. Desprendimientos:** Es la separación del material de revestimiento de la superficie por pérdida de adherencia ocasionada por la presencia de agua que hace que el agente intermedio de sujeción de los dos materiales pierda sus cualidades y permita que el revestimiento se desprenda o por el aumento de volumen a causa del agua que al helarse o por cristalización de sales lo produce; puede ser incipiente o puede ser definitivo. Los diferentes tipos de desprendimientos que se produzcan en recubrimientos dependerán del sistema constructivo de acabado, del material constitutivo de sus elementos y del sistema de adherencia o de sujeción

al soporte; igualmente, las causas indirectas dependerán de cada sistema de acabado.

El desprendimiento por la falta de adherencia de las piezas de alicatado se caracteriza por afectar a importantes superficies. Suele presentarse en embaldosados adheridos con gruesas tortas de mortero hidráulico o cemento rápido. Es probable que las baldosas se hayan mantenido más del tiempo necesario en agua, antes de su colocación. Al saturarse de agua, el material de agarre no es capaz de sujetar a las mismas, ya que el exceso de agua actúa como una película antiadherente entre las piezas y el mortero de soporte.

También puede suceder que se haya dejado pasar más tiempo del conveniente entre la colocación del mortero de adherencia y la adhesión de la baldosa al soporte, con lo cual el material comienza a fraguar y la adhesión es parcial, incompleta e ineficaz.

Los desprendimientos en las pinturas tienen aspecto de escamas o de exfoliaciones; en el primer caso se debe a pintar sobre el revestimiento todavía húmedo. En el caso de las exfoliaciones, las causas pueden ser debido a humedades o inundaciones, a alta temperatura por proximidad de conductos de calefacción o aire caliente, o a saponificación de pinturas al óleo sobre enlucidos con reacción excesivamente alcalina.

La saponificación se manifiesta por la

*Desprendimientos**Desprendimientos*

aparición de manchas en la superficie pintada (frecuentemente provoca descascaramientos o destrucción de las pinturas de PVA) o por el retardo indefinido del secado de la pintura a base de resinas alquídicas (esmalte o pintura sintética). En este caso la superficie aparece siempre pegajosa, pudiendo hasta chorrear aceite.

La saponificación es causada por la alcalinidad natural de la cal y del cemento portland que componen el revoque. Esta alcalinidad, en presencia de cierto grado de humedad, reacciona con la resina y destruye el polímero, ocasionando la saponificación. Para evitar este problema, debe asegurarse que el revoque esté seco y curado antes de pintar (30 a 45 días). Para corregir la saponificación en pinturas látex, se recomienda

rasquetear, lijear o cepillar la superficie, eliminando las partes sueltas o mal adheridas y aplicar una a dos manos de sellador antiacalino.

Para corregir la saponificación en el caso de pintura alquídica (esmalte o pintura sintética) remover totalmente la pintura mediante el lavado con solventes, raspando y lijando. A veces, por la dificultad en remover este tipo de pintura, se acostumbra quemarla con soplete hasta que ésta se ablande, rasqueteando en seguida, aún en caliente (este procedimiento solamente se recomienda cuando es ejecutado por profesionales experimentados), inmediatamente aplicar dos manos de sellador antialcalino. En el caso de sustrato de alta alcalinidad como el concreto, se aconseja el uso de productos resistentes al

*Hundimiento**Desprendimiento*

álcali, a base de polímeros acrílicos, vinilisobutiléter, caucho clorado, epoxi (en superficies interiores) o poliuretanos/poliésteres, protegidos con un acabado de poliuretano acrílico.

**I. Hundimientos:** Acción o efecto que se presenta en la superficie producto del asentamiento del suelo o terreno por una consolidación mayor a la inicial ante la presencia de agua que hace que el material base se compacte y por lo tanto se hunda; cuando se presentan hundimientos se generan desprendimientos del material de revestimiento.

El agua que cae gota a gota va mojando la superficie, poco a poco va penetrando en ella, empapando los morteros, se va extendiendo por capilaridad y envuelve en una atmósfera de humedad caliente que produce los citados efectos de hundimiento en breve plazo. Esta patología tiene varias fuentes, una puede ser por filtración, otra por rotura de tuberías de agua potable o de aguas servidas, o por el agua producto del aseo y limpieza de la edificación, todas ellas en el tiempo saturan los pisos, tanto los materiales de acabado, como los de sujeción y soporte, penetrando hacia el suelo, que dependiendo de sus características facilitará que se presente el hecho.

#### MECANISMOS DE PENETRACIÓN DE LA HUMEDAD

Para analizar el problema de humedades en la edificación, es preciso previamente comprender los mecanismos por los que el agua tiende a penetrar y moverse en los materiales. El agua penetra y se mueve en los materiales por causa de los siguientes mecanismos:

- Adsorción de vapor
- Difusión de vapor
- Evaporación
- Convección
- Absorción de agua en forma líquida
- Succión capilar

**a. Adsorción de vapor:** Un material seco

contiene siempre una cierta cantidad de agua, y esta cantidad no es fija, depende del equilibrio que se establece entre él y el aire que lo rodea, el cual depende entre otros factores, de la temperatura, de la humedad relativa ambiental, de su estructura porosa, entre otros.

Se denomina adsorción de vapor al mecanismo que se origina en la parte interna de los poros, entre las moléculas de vapor de agua y las moléculas del material por efecto de la atracción existente entre ellas, la cual puede estar o no en equilibrio, producto de las condiciones de temperatura y humedad ambiental.

Cuando no está en equilibrio y su valor es mayor a la humedad normal del material se aparece en forma de vapor o líquida, estamos en presencia de una patología que desencadenará en degradación y disgregación del material, presentándose pérdidas de masa, embombamientos y pulverización.

La humedad de equilibrio de un material puede verse modificada por la presencia de sales higroscópicas en sus poros. Las sales son sustancias con gran capacidad de adsorción que modifican el comportamiento hídrico de un componente o elemento de la edificación haciéndolo ávido de agua en forma de vapor o líquida. Las sales penetran en los materiales, vehiculadas por el agua, y al evaporar ésta, quedan retenidas en los poros.

Cuando en una edificación se aumenta la humedad relativa, los materiales de los revestimientos y el mobiliario del espacio interior empiezan a adsorber vapor, y cuando el ambiente se seca, lo ceden, actuando así como reguladores en estos intercambios, y contribuyendo al confort. En un espacio donde los materiales tienen poca capacidad de intercambio, necesariamente se presentarán problemas de confort.

**b. Difusión de vapor:** El transporte de vapor a través de un componente o elemento poroso de la edificación es un fenómeno de difusión y se presenta cuando hay ambientes con distintas presiones de vapor, producién-

dose un flujo de vapor de agua, en función de la permeabilidad del material, de su espesor y el gradiente de presiones de un lado a otro.

**c. Evaporación:** El agua abandona los materiales principalmente por evaporación, pasa de estado líquido a vapor, debido a la diferencia de presiones de vapor que existe entre una primera lámina de aire en contacto con el líquido (lámina saturada de vapor), y la masa de aire más alejada, que tiene menor grado de saturación; de esta forma, las moléculas de vapor saltan desde la superficie al aire, y se difunden por él hacia zonas menos saturadas, siendo remplazadas por nuevas moléculas del líquido.

**d. Convección:** Se denomina convección al transporte de moléculas de vapor de agua en el aire en movimiento (ventilación), y es el modo natural más eficaz de evacuación de la humedad. El aire es una mezcla de gases, de la que forma parte el vapor.

**e. Absorción de agua en forma líquida:** Se produce la absorción cuando el agua penetra en el material por efecto de presiones positivas que pueden ser producto de su propio peso, en caso de embolsamiento, o por efecto de la presión hidráulica, o incluso efecto de la fuerza del par agua-viento, en el caso de la lluvia que cae sobre un cerramiento.

El agua con presión tiende a penetrar preferentemente por orificios mayores de 0,5 mm, que son vías de descompresión; esto suele ocurrir en juntas de construcción, huecos de cualquier tipo, grietas, fisuras, etc. y su característica es en forma de goteo o chorreo producto de la presión; siempre que en un cerramiento el agua escurre o chorrea al otro lado hay agua ejerciendo presión o carga.

**f. Succión capilar:** Este mecanismo determina la penetración y movimiento de agua líquida en un material poroso debido a la atracción entre el agua y el material que ejerce presión sobre ella al recubrir la red

porosa del cuerpo de éste.

En ausencia de presiones o fuerzas externas una gota de agua adopta de modo espontáneo una forma esférica, debido a que su tensión superficial tiende a contraer la superficie externa al mínimo, lo que corresponde al volumen esférico. Si se considera una de estas gotas teóricamente esféricas, cuando se produce el contacto de ésta con un cuerpo poroso, la succión hace que la forma original se transforme en otra ramificada, de gran superficie de contacto con el sólido (Figura 2.12).

Para que esto ocurra espontáneamente, la atracción entre la superficie del sólido y el agua debe ser tan grande que supere la resistencia original del agua a extender su superficie. Si dicha atracción no fuera suficiente, el agua no mojaría el sólido; se puede explicar la penetración del agua por capilaridad diciendo que debido a la atracción superficial entre el sólido y ésta, el agua le compensa energéticamente extendiéndose por la red porosa antes que permanecer como gota.

#### EFFECTOS DE LA HUMEDAD EN LOS MATERIALES

El agua en la edificación se presenta en dos estados: uno líquido, que afecta a la envolvente perimetral (cubiertas o techos, muros, etc.); el otro en vapor de agua que aparece en su interior. El nivel de saturación

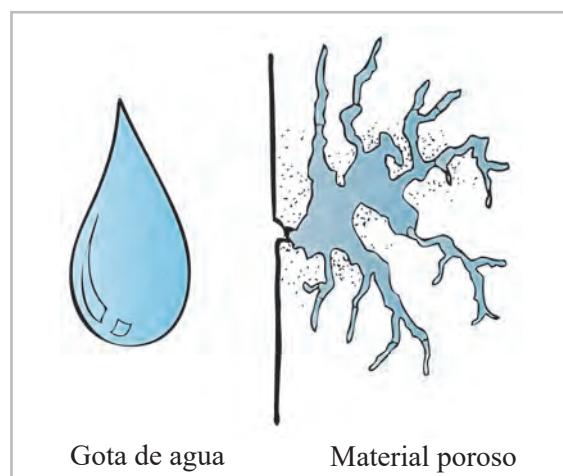


Figura 2.12 Sección de agua y cuerpo poroso

del aire produce condensación, el más húmedo choca con el menos húmedo; el vapor produce cierta presión que penetra prácticamente en el 90% de los materiales, afectándolos en mayor o menor grado y generando efectos nocivos en ellos, los cuales dependerán de su estructura interna.

### Estructura interna de los materiales

El agua penetra en los materiales, en los componentes y en los elementos constructivos, tanto desde el exterior en forma de lluvia, como desde el interior en forma de vapor y desde abajo por capilaridad desde mantos superficiales o profundos. Los tres factores responsables de que estos se vean saturados de humedad son: la capilaridad, la gravedad y la evaporación:

**a. Capilaridad:** Fenómeno por el cual el agua u otra sustancia en estado líquido asciende por conductos estrechos, impulsada por una diferencia de presión. En este proceso influye de manera directa el diámetro del capilar: a menor diámetro, mayor es la presión o ascensión. Esto ocurre debido a que existe una atracción molecular entre las moléculas del agua y las de las paredes del capilar, lo que forma un menisco.

Los meniscos son pequeños ángulos que no varían su inclinación, son producidos en el punto de contacto del agua con el material, al estrecharse el capilar produce el choque entre los meniscos, lo que a su vez origina una tensión que tiende a empujar el agua hacia arriba, llegando hasta donde la presión atmosférica lo permita. En suma, es la acción conjunta entre capilares, líquidos y presión atmosférica.

**b. Gravedad:** La gravedad es una propiedad fundamental de la materia que produce una recíproca atracción entre los cuerpos y por lo tanto determina hasta qué punto puede ascender el agua; es decir, hasta dónde podrá avanzar el agua por capilaridad.

**c. Evaporación:** La evaporación actúa provocando una especie de “efecto bom-

beo” de la humedad, la cual avanza hasta obtener un escape hacia un ambiente seco de la edificación sin importar cuán alto se haya hecho la impermeabilización o se haya colocado el revoque impermeable; es decir que la humedad subirá por presión, hasta hacer contacto con el aire, produciéndose así su evaporación.

Estos tres aspectos deben guardar cierta relación de proporción, es decir, mantenerse en equilibrio para que el agua no ascienda. La evaporación como la gravedad actúan como equilibrantes de la capilaridad ante el contacto del agua con el aire.

La ascensión del agua se hace a través de capilares de diferentes diámetros, el menisco del agua no varía pero sí el diámetro de los canales o capilares; los meniscos tratan de mantener el equilibrio entre sí, haciendo subir al líquido hasta igualar la presión atmosférica.

Como se anotaba anteriormente, de la estructura interna del material dependerá la facilidad o no con la que se desarrollarán los fenómenos y sus consecuentes patologías.

En esta estructura se pueden presentar poros, capilares y alvéolos:

- **Poros:** Son pequeñas cámaras intercomunicadas entre sí por una red de pequeños conductos, cuyo tamaño oscila entre 0,1 y 1 mm. Del tamaño de éstos, y de su presencia porcentual respecto de la materia sólida presente en el material en cuestión, dependerá el grado de aislación térmica del mismo: cuanto más poroso más eficaz, pero entre más poroso mayor presencia de humedad.

- **Capilares:** Son los canales que comunican entre sí a los poros, aunque pueden existir sin la presencia de éstos; es decir, que puede haber una red capilar en materiales no porosos. Su diámetro oscila entre 0,01 y 1 mm.

La ascensión del agua en estado líquido a través de los capilares se da en relación directa con el diámetro y la forma de estos últimos, ya que cuanto más estrecho sea el conducto más rápido es el ascenso, acelerando más aún si la for-

ma de los mismos es cónica.

Con un diámetro de 0,01 mm, el agua asciende por capilaridad hasta 1,40 a 1,50 m, cifra que dependerá de la presión atmosférica y de la diferencia eléctrica entre el muro y la fuente de agua (generalmente el suelo). Por ley, el agua ascenderá por los capilares en sentido inverso al de la corriente eléctrica, por la diferencia de potencial existente entre el muro y el suelo.

- **Alvéolos:** También llamados burbujas, son cámaras no comunicadas entre sí, generalmente de forma esférica, de cuyo tamaño dependerá la eficacia como aislante térmico, siendo mejor cuanto más pequeño. Si la incomunicación entre los alvéolos es bien estricta, se tiene además un material aislante hídrico, característica presente conjuntamente en muy pocos materiales.

#### Efectos nocivos

Los materiales, ante la presencia continua de agua en sus diferentes estados (líquido, sólido, gaseoso), pueden verse afectados por fenómenos que producen dilución o descomposición, desagregación, disagregación, pérdida de su capacidad aislante, afectan su aspecto, disminuyen su resistencia y durabilidad, además de su grado de deformación.

**a. Dilución:** El agua como disolvente universal, diluye gran cantidad de sales contenidas en algunos materiales, como los áridos y los cerámicos o la proveniente del suelo (arrastrada por ella misma que conforman elementos constructivos, tales como muros de fachada, pisos, etc.). El agua lleva las sales hasta la superficie de los elementos, en donde se produce su separación: el agua se evapora dejando como residuo las sales en las caras superficiales de éstos, en donde se cristalizan, causando el efecto en cuestión.

**b. Desagregación:** Fenómeno de origen químico que consiste en el ataque al ligante (en especial al cemento) por parte de los sulfatos, produciendo la desvinculación física (desa-

gregación) entre el ligante y el árido que conforman a los morteros y concretos, produciendo la destrucción paulatina del elemento.

**c. Disgregación por heladidad:** Consiste en el congelamiento del agua alojada en el muro, provenga ésta desde el exterior (por aporte pluvial) o desde el interior como vapor (que al llegar al plano frío se condensa). El agua allí alojada al convertirse en hielo aumenta su volumen produciendo un empuje entre el muro y el revestimiento, con la consecuente caída de este último. De no haber revestimiento, la pared igualmente se disgregará en el plano en donde se produce el congelamiento.

**d. Pérdida de capacidad aislante térmica:** Este fenómeno no afecta el aspecto del material, pero sí modifica el confort de los ambientes. Sabido es que la porosidad brinda a los materiales la característica de aislante térmico; si los poros son colmatados se modificará el comportamiento del material, transformándolo en un sólido, dándole una excelente conductividad térmica, acelerando además todos los procesos de evaporación, caída de presión, condensación, etc., creándose así un círculo vicioso.

**e. Aspecto:** La apariencia del elemento se ve afectada principalmente en su estética (pérdida de color, de brillo, aparición de moho y manchas).

**f. Resistencia y durabilidad:** Si un determinado material se mantiene en contacto con la humedad durante un período considerable, altera sus propiedades originales; es el caso de la madera, en la cual produce putrefacción y en el hierro ( $H^{\circ}$ ) y el acero ( $A^{\circ}$ ) oxida la armadura, con el consecuente colapso estructural.

**g. Deformación:** El calor más la humedad sucesivamente alternadas, producen en la madera hinchazones y contracciones, lo que le deja deformaciones permanentes.

Los materiales que se utilizan en los pro-

cesos de construcción tienen diferente procedencia: los hay de origen mineral, vegetal, animal y artificial. De acuerdo con el origen poseen cualidades que los hacen resistentes, impermeables, aislantes, etc.; aunque la mayoría de las veces su degradación se debe a factores externos, también suele presentarse deterioro producto de estas cualidades, las que pueden agruparse en esenciales, que son las que le son propias y que por lo tanto las reconocemos como sus propiedades, por ejemplo: composición química, estructura cristalina, forma del material entre otras; circunstanciales, que son aquellas que se manifiestan ante estímulos externos puesto que definen su comportamiento y suelen denominarse características y algunas son la resistencia mecánica o al fuego o a la intemperie, definida precisamente como la cualidad de un material de conservar un comportamiento y una apariencia satisfactoria ante los agentes que pueden producirle alteraciones.

La materia se caracteriza por tener masa, es decir que ocupa un espacio, tiene un volumen y necesita de una fuerza para moverse. Además está compuesta por unidades estructurales (átomos, moléculas o iones) unidas entre ellas por tensiones o fuerzas, la intensidad de las cuales determina que la materia puede manifestarse en tres estados: sólido, líquido o gaseoso. Los materiales utilizados en construcción generalmente están en estado sólido, lo cual significa que en

condiciones normales, mantienen el volumen y la forma que les son propios.

Lo anterior se debe a que las unidades estructurales permanecen dentro de sus límites y relativamente inmóviles; sin embargo, existen una serie de fuerzas externas, como por ejemplo la temperatura, el agua, la presión que pueden llegar a mover o alterar las unidades estructurales internas del material y por lo tanto el volumen, la forma del mismo. Los cambios o alteraciones físicas o químicas de un material son aquellos que se manifiestan mientras se mantiene la causa que los ha originado; implican una alteración de la distribución interna de su estructura de átomos, moléculas y iones, normalmente provocan modificación de la forma, de la apariencia y, en el caso de alteraciones químicas, de su composición.

Ciertas propiedades del agua la hacen una sustancia inestable; en primer lugar, es la única sustancia que puede presentarse en los tres estados (sólido, líquido y gaseoso) y además posee una gran facilidad para cambiar de un estado a otro a temperatura y presiones relativamente normales; de hecho esta variación de estado es constante en la naturaleza (Figura 2.13).

Su inestabilidad física produce importantes efectos que pueden afectar a los materiales que constituyen los diferentes elementos, componentes de la edificación, por ejemplo, la conversión de agua líquida en hielo, con el incremento del volumen y la disminución

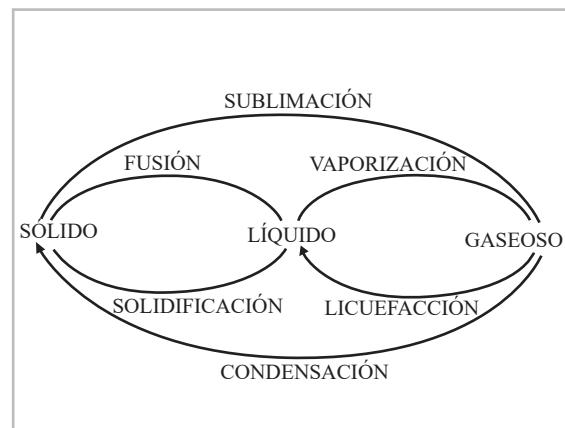


Figura 2.13 Ciclo del agua

de densidad que implica este fenómeno, el cual puede causar daños en los materiales, incluso su destrucción. Evidentemente estos efectos tendrán mayor o menor importancia en función del clima del lugar en el que esté la edificación y de la porosidad del material.

Por otro lado, el agua es inestable químicamente, ya que su capacidad para disolver otras sustancias es muy grande, mayor a la de cualquier otro fluido. Esta particularidad se debe al carácter altamente polar de su molécula que hace que sea muy difícil encontrarla en estado puro y la convierte en vehículo de todo tipo de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas que también pueden llegar a atacar la superficie o el interior de los materiales.

Además, algunos óxidos presentes en la atmósfera pueden combinarse con el agua y producir ácidos que actúan en la degradación de ciertos materiales. Como consecuencia de esta inestabilidad física y química, el agua posee un gran poder de penetración.

El agua en forma de humedad es parte constituyente de cualquier material, en algunos de ellos es un elemento que se puede definir como propio, ya que se halla combinada químicamente en sus partículas sólidas como en el caso de la madera o del concreto; en este último, necesaria para su fraguado y elemento permanente en él. La mayoría de los materiales son susceptibles de recibir agua externa.

El agua suele también penetrar en el material por presión, en este caso lo hará en función del espesor, la densidad y la intensidad de la presión; la densidad de un material es la relación entre la masa y su volumen. Si la densidad es muy baja significa que el material posee muchos poros en su interior, mientras que por el contrario, a una densidad alta corresponde pocos espacios libres en el material, es decir pocos poros. Otro factor importante para que el agua pueda penetrar y quede contenida en un material es la calidad de su superficie, ya que en algunos es muy fácil mojarla y en otros casi imposible. Así, debido a las características de su superficie, el concreto absorbe el agua con mayor facilidad que el mármol o el vidrio, en cuyo interior es casi imposible que penetre.

Cada material de construcción tiene un comportamiento específico frente a las distintas formas de humedad. La influencia del agua en las edificaciones depende de éstos y la forma en que han sido usados. Los efectos de la humedad, tanto en materiales pétreos, como vegetales, dependen de la capacidad de absorción de la estructura porosa y, en algunos casos, de la solubilidad de sus componentes sólidos.

Los elementos metálicos son atacados por la corrosión; aunque por su naturaleza, pocas veces sólo la humedad representa un



peligro si no coadyuva otro fenómeno que la acompañe en su deterioro.

La humedad en cerramientos verticales (fachadas), como horizontales (cubiertas) provoca deterioro de sus acabados internos y externos ya sean estos repellos, estucos, pinturas, yesos, entre otros; ataca mobiliario, tapicerías; estropea maderas, libros, cuadros, etc.

También origina eflorescencias en materiales pétreos (piedra, concretos y mortero), en materiales cerámicos y fomenta el desarrollo de gérmenes patógenos y de diferentes tipos de hongos y moho.

Si se producen heladas, las partes impregnadas de agua aumentan su volumen, agrietando y produciendo importantes deterioros que atentan contra la estabilidad de la obra y reducen su duración. A lo descrito anteriormente se le añade la elevada pérdida de calor, con el consiguiente consumo extra de combustible.

Cuando se impregna de humedad un material de construcción, el aire es expulsado de los poros y en su lugar aparece agua, que



además sufre un proceso de evaporación. El agua posee una conductividad térmica 25 veces mayor que el aire; por esto la impregnación de humedad aumenta la conductividad del material y disminuye su protección térmica. Se afectan los materiales aislantes mermando considerablemente su función específica.

Las maderas atacadas se hinchan y resquebrajan. Las piezas constructivas de madera, muebles, pavimentos y revestimientos pueden torcerse y alabearse. Detrás de muebles puede aparecer moho, que de no tratarse conduce a la putrefacción del material.

En síntesis, las edificaciones se encuentran siempre en ambientes más o menos húmedos y la presencia de agua es inevitable, por lo tanto ésta tiene una notable incidencia en la durabilidad de los materiales, muchos de los cuales conservarían indefinidamente sus características si se pudiesen mantener completamente secos.

#### EFFECTOS DE LA HUMEDAD EN LA SALUD

##### Humedad, salud y enfermedad

¿Qué tan grave puede ser esta situación hoy en día? Definitivamente se ha convertido en una bomba de tiempo debido a que los cambios climáticos, el paso del calor al frío o viceversa, generan encierro de humedad que produce factores medioambientales contaminantes.

Una gran parte del calor que posee el cuerpo humano se disipa por evaporación a través de la piel. Como quiera que la evaporación se favorece con la humedad relativa del aire, baja y se retarda si ésta es alta; se deduce que la regulación de la humedad tenga una importancia tan vital como la de la temperatura.

Un exceso de humedad no sólo da como resultado reacciones fisiológicas perjudiciales, sino que también afecta (por lo común en forma perjudicial) a las cualidades de muchas de las sustancias contenidas en el lugar de que se trate, y muy particularmente sobre los vestidos y muebles.

Las edificaciones demasiado húmedas

afectan principalmente al sistema respiratorio, aumentan la posibilidad de contraer enfermedades respiratorias, a la vez que agrava las reumáticas. Las afecciones van desde la irritación de las mucosas, síntomas respiratorios e infecciones hasta enfermedades como el asma, la sinusitis y la alergia; pulmonares, como la bronquitis, siendo los principales síntomas la sensación de malestar, los escalofríos, el cansancio, la dificultad para respirar, pies fríos o dolor de cabeza.

Un grado incorrecto de humedad puede también agravar los síntomas de quienes padecen fibromialgia o aumentar el dolor en personas reumáticas. Por lo tanto, tratar los problemas de humedad ante los primeros síntomas no sólo es bueno para el cuidado de la edificación, sino también para la salud de sus ocupantes.

El ambiente húmedo en los hogares influye en la posibilidad de desarrollar alergias nasales, principalmente en niños. Determinados factores externos contribuyen a empeorar las reacciones alérgicas; uno de ellos es el índice de humedad; sin embargo, todavía no se conoce con precisión cómo provoca la humedad estos síntomas y cuáles son las principales sustancias responsables.

Los problemas de humedad en las edificaciones pueden originarse ante la presencia de agua externa e interna a ellas por filtración, condensación o por capilaridad. El exceso de humedad favorece el crecimiento de microorganismos, tales como el moho y las bacterias que conducen a la liberación de contaminantes al aire interior y la presencia de ácaros. Además de desencadenar graves problemas, como erupciones o dermatitis atópica.

Una humedad baja produce irritación de los ojos, sequedad de la piel y la nariz, y erupciones cutáneas, mientras que una humedad alta favorece la aparición de moho y ácaros del polvo.

Una ventilación inadecuada e insuficiente puede aumentar la humedad y los niveles de contaminantes, además de ser uno de los principales causantes de la mala calidad del aire interior, situación que afecta la salud y

el rendimiento en el trabajo.

Las alergias se presentan por un fallo del sistema inmunológico, pero hay factores externos que contribuyen a fomentar y empeorar estos estados. El índice de humedad en el hogar es uno de los agentes que más afectan a los que sufren problemas respiratorios. Para prevenir estos inconvenientes se ha de tener un nivel adecuado de humedad en el hogar, que debe situarse entre un 45% y un 65%. Las alergias son un estado de hipersensibilidad del organismo a una sustancia concreta (alérgeno) cuando ésta se inhala, se ingiere o se toca. Numerosos factores externos ayudan al desarrollo o aumento de los síntomas alérgicos: el polen de las plantas, algunos medicamentos, picaduras de insectos, animales domésticos, determinados alimentos y el exceso de humedad en el hogar.

La humedad aumenta también los casos de alergia a los hongos, que en situaciones extremas pueden desembocar en aspergilosis, una enfermedad infecciosa que afecta sobre todo a los pulmones, y, en menos ocasiones, a los senos paranasales, el sistema nervioso central, el esófago, los ojos y el endocardio (membrana que tapiza las cavidades del corazón). El moho *Tachybotrys atra*, una variedad de color negro, pegajoso y que crece en especial en madera dañada por el agua, placas del cielo raso y alfombras, ha demostrado ser muy dañino. Algunos trabajos científicos han llegado a asociarlo, incluso, con casos de muerte súbita en niños pequeños.

Los ácaros son los responsables de la mayor parte de alergias respiratorias. La mal llamada alergia al polvo (los ácaros son los culpables) se desarrolla, en general, en ambientes cálidos y húmedos. Los ácaros son unos arácnidos diminutos que pueden encontrarse en el polvo que se almacena en las edificaciones; se concentra principalmente en los suelos, sobre todo en sofás, sillones, y también en los tapizados y se alimentan de los tejidos humanos, como la piel, las uñas y el pelo.

Los agentes alérgicos de los ácaros están presentes en su propio cuerpo, en sus secre-

ciones y básicamente en sus deyecciones. Las heces, de escaso peso, se mantienen flotando en el aire, se depositan en las vías respiratorias de las personas, y pueden causar una reacción de hipersensibilidad a la que son proclives quienes sufren problemas respiratorios. Estos pequeños microorganismos se desarrollan con facilidad, pero alcanzan sus óptimas condiciones con temperaturas entre 22 y 26 °C y humedades por encima del 65%.

El moho, por ejemplo, es una de las principales causas de alergias. Se forma en lugares oscuros y húmedos, como cuartos de baño, refrigeradores, y en la tierra de las plantas. Se reproduce echando al aire unos granos diminutos llamados esporas (células reproductoras del moho, de tamaño microscópico) que quedan flotando en el aire, las cuales al ser respiradas pueden producir una reacción alérgica nasal.

El moho es un mecanismo de reciclaje natural. Cuando algo muere, las esporas del moho se posan sobre el cadáver para germinar, y el moho consume y recicla sus compuestos orgánicos. Muchos tipos de moho producen toxinas cuando se ven sometidos a ciertas condiciones.

Las toxinas se concentran normalmente en las esporas. Las esporas en suspensión pueden afectar a las personas por contacto o por inhalación. Los efectos del moho tóxico en los humanos varían de muy leves a muy

graves, pudiendo dañar hasta el hígado o el sistema inmunológico. El moho infecta a las personas cuando están bajas de defensas o cuando tienen una infección superficial en uñas o piel.

El control más adecuado del moho es el cuidado de la propia humedad. Éste no crece si no hay humedad, por lo que es mejor solucionar el problema de penetración de agua en cualquiera de sus estados hacia el interior de la edificación.

Los hongos son comunes en los lugares donde el agua se acumula, tales como las cortinas del baño, en los marcos de las ventanas, en los sótanos húmedos, en general en las edificaciones húmedas, con poca luz, con filtraciones, poco soleadas o ventiladas. Para prevenir el cultivo de estos microorganismos se deben limpiar las superficies que actúan como foco de infección y ventilar bien todos los espacios.

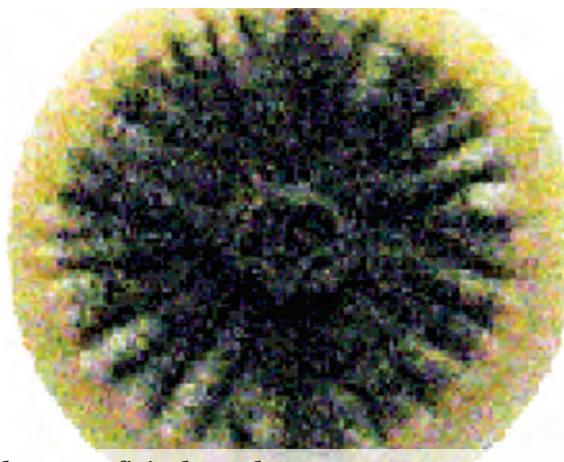
Los hongos también son propios de la ropa, los zapatos y otros objetos de piel guardados en clósets y armarios. Cuando la concentración es grande, se crean las típicas manchas de humedad.

Las bacterias se desarrollan abundantemente cuando hay altos niveles de humedad. Normalmente crecen en el ambiente, no en el cuerpo humano. Esto es debido a la diferencia de temperatura.

Un alto porcentaje de bacterias son tóxicas, ya que contienen una sustancia en las



*Stachybotrys chartarum* sobre superficie de madera



paredes celulares llamada endotoxina que cuando es inhalada en cantidad suficiente puede causar reacciones adversas en la salud.

Los problemas respiratorios y alérgicos se acentúan más en la etapa infantil, cuando el sistema inmunológico inmaduro propicia un mayor desarrollo de enfermedades respiratorias. Si bien una exposición moderada a ciertos agentes ayuda a fortalecer este sistema de defensa, ésta debe controlarse si no se quiere que los niños pierdan la batalla contra los alérgenos.

Quienes viven en edificaciones húmedas, con tuberías de agua dañadas (filtraciones en los techos), hongos visibles u olor a humedad, pueden ser más propensos a desarrollar alergias nasales, según un nuevo estudio publicado en American Journal of Epidemiology, realizado con una muestra de 1.900 niños finlandeses. Según los resultados, el 16% de los menores que vivían en hogares con niveles elevados de humedad dieron positivo en los análisis de rinitis alérgica realizados en los siguientes seis años. El porcentaje fue inferior al 12% entre quienes carecían de problemas de humedad en el hogar.

Otro informe publicado en Environmental Health Perspectives, llevado a cabo por investigadores de la Universidad de Birmingham (Reino Unido), concluía que la humedad acumulada en paredes, sótanos y alfombras del hogar, así como el olor

a moho, duplican el riesgo de desarrollar asma en los niños de 1 a 7 años.

La humedad es responsable de dos tipos de patologías: las relacionadas con la retención de agua en las instalaciones de distribución de aire, origen de la legionela, y las relacionadas con la humedad del aire interior. Este último es un contaminante muy particular, que puede tener efectos nocivos no solamente sobre la salud, sino también sobre la sensación de confort y sobre el estado de la edificación.

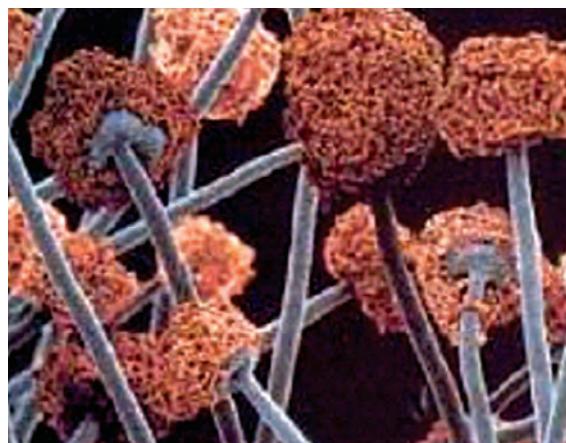
Para evitar deterioros en la edificación por mohos, la humedad relativa del aire interior (referida a la temperatura interior de la pared), debe mantenerse, como media temporal, por debajo del 85%.

En lo concerniente a la salud, se considera generalmente que la humedad relativa debe estar dentro de cierto rango (entre 45 y 65%), para evitar afecciones respiratorias tales como la rinitis, y patologías de hiperactividad bronquial (asma), que pueden ser inducidas por la presencia de ácaros, cuya proliferación se incrementa con el aumento de humedad.

No es desconocido que la presencia de moho, humedad, hongos y hasta los malos olores que se generan de espacios cerrados y poco ventilados, producen efectos nocivos para la salud. Muchos de estos problemas van desde el aire viciado causado por las actividades cotidianas hasta los conta-



Ácaro fagocitando la piel muerta



Esporas de hongo *Aspergillus niguer*

minantes despedidos por los materiales de construcción y el gas radón, que se filtra hacia el interior de las edificaciones desde el suelo a través de pequeñas aberturas en los cimientos, lo que genera problemas no sólo para la salud sino para las estructuras de las viviendas.

Para prevenir la proliferación de moho, bacterias y los consiguientes malos olores que se derivan de ellos; evitar las anomalías y daños a equipos electrónicos y mecánicos, como la corrosión; evitar el deterioro de elementos de decoración como cortinas o alfombras, cuadros, pergaminos; reducir las dolencias de las vías respiratorias; ayudar a prevenir problemas de salud tales como articulaciones dolorosas o exceso de sudoración, e, incluso, prevenir el deterioro de sustancias orgánicas como los productos alimenticios se deben tener en cuenta los siguientes consejos:

- Airar los ambientes para que haya una corriente constante de aire.
- Colocar puertas con una doble entrada de aire para facilitar la circulación o instalar un deshumidificador eléctrico o absorbente de humedad.
- Cubrir las paredes interiores con una capa de revestimiento que haga de aislante entre la pared y la pintura, además de un antihongos.
- Realizar mantenimiento correctivo, corrigiendo filtraciones y eliminando cualquier foco de humedad.
- Frotar el moho para sacarlo de las superficies duras con detergente y agua.
- Mantener los aparatos de aire acondicionado limpios.
- Mantener un nivel adecuado de humedad en la edificación, el cual debe estar entre un 45% y un 65%, ya sea verano o invierno.

### **El síndrome del edificio enfermo**

Una edificación confortable brinda bienestar a sus ocupantes e interviene directamente en el concepto de salud: condiciones de temperatura ambiental ideales y constantes, ventilación e iluminación óptimas, espa-

cios adecuados a las funciones y número de individuos que la ocupan, sumándose a ellos aspectos estéticos, son esenciales para poder garantizarlo.

La enfermedad es algo que se debe evitar a toda costa, por este motivo se hace necesario practicar hábitos de vida saludables encaminados a gozar de una buena salud y mejorar así la calidad de vida. Pero el problema reside en que en muchos casos esa salud se ve afectada de forma indirecta por el entorno, concretamente por las condiciones de los lugares en los que vivimos, a los que se les conoce como edificios enfermos o síndrome del edificio enfermo, por las patologías de habitabilidad que se generan a partir de éstas.

Según la Organización Mundial de la Salud, OMS,

[...] el Síndrome de Edificio Enfermo está considerado como la intolerancia medioambiental expresada en una serie de manifestaciones clínicas que pueden dar origen a cuadros alérgicos o no alérgicos y que pueden ser producto de causas conocidas o no conocidas, el síndrome de edificio enfermo está relacionado con sintomatologías de tipo cutánea o respiratoria que presenta una persona en su lugar de trabajo o en su residencia por alteración en el aire medioambiental.

Esta alteración es debida a una deficiente regulación del reciclaje del aire que sirve para acomodar o equilibrar la temperatura y la humedad. Al respecto, en el II Curso sobre Patología Alérgica Laboral (25/3/2003) el doctor Valero Santiago expresó:

[...] cuando hay fallos en ese intercambio de aire se acumulan sustancias que en concentraciones pequeñas no irritan, pero cuando aumenta su concentración, produce una serie de síntomas. Pero no en una persona sino en un grupo de personas que están expuestas. Estos síntomas pueden ser picor cutáneo, picor de garganta, tos, mucosidad, obstrucción de nariz, picor de ojos, sensación de falta de aire y opresión, entre otros.

Aunque parezca elemental, la construcción de las edificaciones tiene mucho que ver en la salud de los habitantes de las mismas, los materiales con los que están elaboradas y con los cuales se convive es un punto a tener en cuenta para evitar trastornos que se generan de múltiples radiaciones y alergias que se desatan en el organismo. Los materiales de construcción de una edificación están presentes durante todos los años de su vida útil, por lo que a lo largo de este tiempo el uso de materiales inadecuados puede hacer que éstos estén emitiendo sustancias químicas que afectan al organismo de una u otra forma. Por este motivo es importante que se sepa con qué están elaboradas, y usar materiales biodegradables resulta acertado para poder garantizar condiciones saludables.

Para los especialistas, además de una adecuada ventilación, el tema importante para resolver esos problemas consiste en un buen mantenimiento, no sólo de limpieza de los conductos de aire acondicionado, sino también por la higienización permanente de los espacios, pisos, alfombras, etc., los cuales fomentan la presencia de bacterias, hongos y ácaros. Es importante evitar las decoraciones hechas con materiales que acumulen polvo y que se necesiten limpiar con frecuencia con la aspiradora. Sin embargo, mejorar las condiciones del hábitat y reducir los posibles efectos del síndrome del edificio enfermo constituye un desafío que debe adoptarse indefectiblemente, dado que está en juego la salud de la población. Por otra parte, los beneficios económicos de la resolución de los problemas de la calidad

del aire interior, en el caso de los lugares de trabajo, pueden ser significativos, reduciendo el ausentismo de los trabajadores, aumentando el confort e incrementando la productividad.

Una buena ventilación disminuye la concentración de contaminantes ambientales que potencialmente puedan producir síntomas negativos en la salud de los usuarios de la edificación. A menos ventilación mayor afectación clínica. Una proporción de ventilación mayor de 10 l/seg/persona parece disminuir la prevalencia de síndrome del edificio enfermo. En cuanto a los tipos de ventilación, la natural disminuye mucho la probabilidad de que se presenten síntomas, a pesar de que los rangos de humedad y temperatura no se encuentren entre los límites aconsejados. Cuanto más hermética es la edificación, más posibilidades hay de que se generen patologías.

Los factores físicos son, así mismo, importantes: temperatura mayor de 23 °C, humedad inferior al 40% o superior al 60%, ruido, iluminación inadecuada, controles ambientales y de iluminación no ajustables por el usuario, aumentan la prevalencia de los síntomas. Los techos bajos, inferiores a 2,4 metros, las áreas de archivo de documentación en papel y unos servicios de mantenimiento de la edificación ineficaces y con mala comunicación con los usuarios, se han relacionado también con mayor prevalencia de síntomas.

## DIAGNÓSTICO DE HUMEDADES

Como ya se ha señalado, la humedad es un elemento siempre presente en las edificaciones, en cada uno de los diferentes espacios que la conforman y en los objetos contenidos en ellos, pero es necesaria su presencia dentro de determinados parámetros porque una alteración por exceso o por defecto, ocasiona y favorece el deterioro.

Es precisamente la humedad la más importante entre las diferentes causas del deterioro en las edificaciones y los objetos que se protegen en sus espacios. Actuando directamente o favoreciendo la acción de otros

factores que son la causa inicial del deterioro de gran parte de ellas y de estos, sean o no considerados bienes culturales, muebles e inmuebles.

Los numerosos orígenes de la humedad en las edificaciones y las diversas y a veces engañosas formas de manifestarse, hacen que este problema requiera de un estudio minucioso para conocer sus causas, previo a cualquier acción para remediarlas. Ocurre que una decisión tomada sin un análisis profundo de todos los factores que intervienen en su vida, provoca, lejos de la desaparición



Figura 3.1 Factores y causas de deterioro en las edificaciones

de la humedad, un aumento notable de la misma y una disminución de sus condiciones de habitabilidad (Figura 3.1).

La edificación es un contenedor que separa dos ambientes entre sí, uno exterior dado por las características climáticas específicas y uno interior que requiere de determinados parámetros para que las funciones a que está destinada se desarrollen convenientemente; a su vez, está construida con materiales capaces de contener humedad y transmitirla. Esto establece un equilibrio que si por diversas causas se altera, comienzan a modificarse los parámetros que rigen el clima interior, la temperatura y principalmente la humedad. Los criterios mencionados son válidos tanto para edificaciones que funcionaron perfectamente desde el punto de vista climático durante períodos prolongados de tiempo, como para edificaciones nuevas construidas sin tomar en consideración las leyes físicas que rigen estos fenómenos.

Cuando una edificación presenta problemas de humedad se hace necesario un diagnóstico de esta situación, para lo cual deben desarrollarse las siguientes acciones: Reconocimiento del sitio y de la edificación, recopilación de información en cuanto a su estado actual, historia, inspección, toma de datos y análisis, identificación, localización y caracterización de la humedad, correlación entre variables y elementos y, finalmente, deducción de las causas.

En el diagnóstico de humedades y su reconocimiento es necesario considerar tres variables: la primera tiene que ver con la identificación, o sea, la forma de manifestarse en el elemento afectado; la segunda con su localización en la edificación; y la tercera, referida a su forma de aparición y características.

#### **RECONOCIMIENTO DEL SITIO Y DE LA EDIFICACIÓN**

Para el reconocimiento del sitio y de la edificación se hace necesario contar con in-

formación acerca de las características del lote y su entorno, así como de información de la misma que posteriormente pueda ser utilizada en el proceso de inspección, análisis y deducción de las causas.

#### **Características del lote y su entorno**

Para el efecto, es necesario conocer acerca de:

- Las condiciones climáticas, la temperatura, las precipitaciones, la asoleación, los vientos, la vegetación, etc.
- Su localización (urbana, rural, periurbana).
- El uso anterior.
- Las características geotécnicas: tipo de terreno.
- La topografía del entorno. Líneas de vanguardia natural o artificial. Escorrentías.
- El manto freático y su nivel.
- La presencia de corrientes subterráneas y sus velocidades.
- La presencia cercana de quebradas, ríos y arroyos.
- El desarrollo urbanístico del sitio.
- Las edificaciones próximas relacionadas con la edificación que se va a estudiar.

#### **Características de la edificación**

Para lo cual se debe obtener la siguiente información acerca de la edificación:

- Documentación gráfica, planimétrica y fotográfica
- Documentación arquitectónica y constructiva: tipología; tamaño; características de la edificación, aislada, entre medianeras, de conjunto; sistema constructivo, material predominante; detalles constructivos.
- Documentación histórica: Edad, uso, cambios de uso, evolución y transformaciones de la edificación, historial de lesiones o estados patológicos, intervenciones de reparación, rehabilitación o restauración.
- Estado actual de la construcción.

## INSPECCIÓN, LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA HUMEDAD

### Inspección

Para reconocer la presencia de humedad en la edificación se deben realizar visitas a ésta con el propósito de inspeccionar su estado y posibles condiciones patológicas; para lo cual se recomienda la siguiente metodología:

#### a. Inspección previa

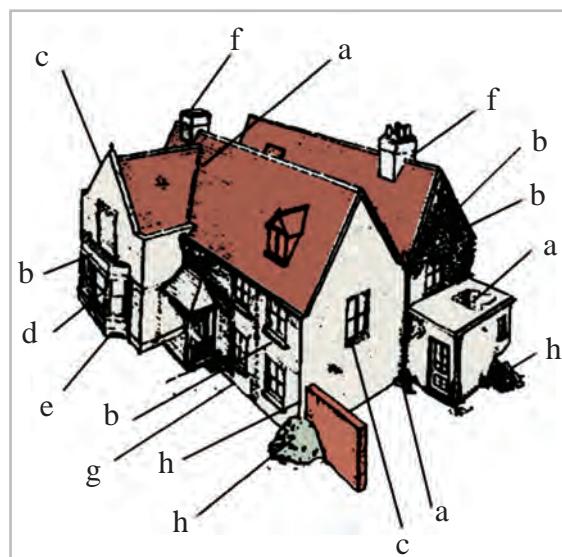
- Inspección visual, a nivel externo e interno. Localización y registro de lesiones mediante fichas de inspección.

#### b. Inspección mediante técnicas instrumentales

- Inspección común a todos los tipos de humedades. Toma de datos higrotérmicos mediante termohigrómetro de lectura instantánea: Estudio de espacios o ambientes.
- Inspección propia de posibles humedades del terreno. Detección de focos de evaporación mediante lecturas higrotérmicas junto a los paramentos.
- Inspección propia de posibles humedades de agua de lluvia. Ensayos de campo de microescorrentía o mojado sobre materiales o juntas.
- Inspección propia de posibles humedades de agua de condensación higroscópica. Ensayos de caracterización de sales solubles mediante reactivos (métodos sencillos *in situ*).

### Localización e identificación

Fase primordial y más delicada, puesto que el 60% del trabajo de diagnóstico depende de ésta. Cuando se habla de la localización del origen del problema se suele interpretar erróneamente en muchos casos como los daños causados por la propia humedad y no su fuente, es decir, si no se localiza el sitio exacto y su origen no se solucionará el problema. Por lo tanto se hace necesario verificar el área donde posiblemente se presenta la humedad y asegurarse de que sólo



**Figura 3.2 Inspección externa  
de una edificación**

existe un origen o en caso contrario detectar las posibles fuentes que puedan originar el problema (Figura 3.2):

- Limahoyas, canales externas, bajantes de agua, tejados planos.
- Estado de los ladrillos, la piedra, el mortero, los frisos, el enlucido, el acabado resistente a la intemperie, etc.
- La construcción del muro, grietas en la mampostería, impostas, etc.
- Madera exterior, incluidas puertas y ventanas.
- Ductos de ventilación, su posición y su estado.
- Chimeneas y vierteaguas.
- Estado de cualquier impermeabilización correctiva anterior, incluido el espaciado y la profundidad de los orificios donde se hayan inyectado sistemas químicos.
- Suelos elevados, paredes de jardines colindantes, escaleras, posición e integridad de los sistemas de impermeabilización.

Las formas de manifestarse dependen de su origen y determinan el lugar de aparición en la edificación. Las humedades pueden presentarse en el material o en su epidermis de los elementos constructivos verticales,

horizontales o en las obras de guarnición y protección, estando asociadas a las características y propiedades de los materiales y los procedimientos de construcción (Cuadros 3.1 y 3.2).

### Caracterización

La humedad, de acuerdo con el lugar de aparición, forma y tamaño, puede ser: Ascendente o descendente; superficial o profunda; localizada, extendida o generalizada; cíclica o permanente.

**a. Ascendente.** Se considera ascendente cuando el agua del manto freático, aguas lluvias que han penetrado al suelo o se ha depositado en la superficie, asciende por los materiales permeables no protegidos a través de sus poros, capilares y fisuras.

**b. Descendente.** Se considera descendente cuando el agua lluvia penetra en la parte superior de los elementos o se deposita en la superficie de la cubierta o de la obra de guarnición y desciende a través de poros, capilares y fisuras, generando humedad y deterioro en el tiempo.

**c. Superficial.** Cuando el agua se deposita en la superficie y penetra en la epidermis del material, humedeciéndola sin introducirse

hacia el alma del elemento; esta humedad superficial puede evaporarse por acción del sol o del viento.

**d. Profunda.** Cuando el agua penetra en la epidermis, la satura y encuentra condiciones permeables que permiten su curso hacia el alma del elemento, generando humedad y deterioro.

**e. Localizada.** El agua lluvia libre o depositada encuentra en la superficie un punto permeable que permite que penetre al elemento constructivo y lo afecte en el tiempo, lo cual dependerá de las características de los materiales que lo constituyen.

**f. Extendida o generalizada.** El agua lluvia libre o depositada por impermeabilidad del material se deposita o se estanca en la superficie al no encontrar salida, si el material es permeable penetrará y se extenderá en todo el elemento constructivo, saturándolo.

**g. Cíclica.** Cuando el agua que filtra es producto de defectos en las instalaciones de evacuación de aguas residuales o lluvias, tales como tuberías de alcantarillado rotas, uniones sueltas, canales y bajantes en mal estado, sistemas de aire acondicionado con mangüeras sueltas o que no desaguan a nin-

*Cuadro 3.1 Localización de humedades*

Elementos verticales	Elementos horizontales	Obras de guarnición y protección
Muros de fachada	Pisos	Aleros
Muros interiores	Terrazas	Voladizos
Antepechos	Losas de entrepiso	Alfajías
Culatas	Losas de cubierta	Remates
Áicos	Cubiertas	Solapas
Columnas	Vigas	Zócalos
Quiebrasoles	Dinteles	Andenes perimetrales
Puertas	Pérgolas	Sellos de juntas
Ventanas		

**Cuadro 3.2 Identificación de humedades**

Observación	Possible defecto
Zócalos o rodapiés, humedad en la base del muro, humedad entorno al borde del suelo sólido.	1 Humedad capilar 2 Humedad capilar + defecto en la unión del suelo y la pared 3 Borde defectuoso de la membrana de impermeabilización del suelo 4 Suelo elevado / fallo de la impermeabilización estructural
Eflorescencia de superficie justo sobre el zócalo / suelo.	1 El enlucido con yeso está en contacto directo con un suelo sólido húmedo, o con mampostería húmeda en la base del muro 2 El enlucido de yeso o material poroso llega hasta debajo del suelo suspendido de madera y el subsuelo, y hay condensación en la unión de la pared y el suelo.
Humedad en la base del muro hasta 1,5 m en una franja horizontal	1 Humedad capilar 2 Ligera penetración de lluvia
Manchas, sobre todo en una franja horizontal, claramente húmedas cuando hay humedad ambiental	1 Fuerte contaminación con sales higroscópicas
Manchas húmedas en la superficie que aumentan de tamaño durante / tras la lluvia; a veces fuerte aparición de eflorescencias	1 Penetración de agua de lluvia; normalmente resulta evidente que existe un defecto externo
Manchas / humedad / eflorescencias en el testero de la chimenea	1 Escayola o enlucido contaminado con productos de la combustión 2 Condensación en la chimenea (humero) 3 Entra agua por la chimenea
Proliferación de moho en superficies frías, vanos de ventanas, unión de techos y paredes, etc.	1 Condensación
Agua de superficie, señales del peso del agua, goteras de agua, goteo	1 Condensación 2 Fuerte penetración de agua de lluvia 3 Escape en las tuberías
Suelo de madera húmedo en los bordes pero no en el centro	1 Condensación del subsuelo en la unión del suelo con la pared 2 Suelo de madera en contacto directo con la mampostería húmeda
Suelo de madera húmedo lejos de la pared	1 Condensación en el subsuelo
Humedad en el primer piso y pisos superiores	1 Condensación 2 Penetración de agua de lluvia 3 Defectos en las tuberías
<p><i>La tarea principal del técnico o del profesional es identificar correctamente la fuente de la humedad, y el mejor método para ello es un proceso de investigación e identificación. Se deben extremar las precauciones, por ejemplo, en los meses de invierno para eliminar la condensación como una de las posibles causas de la humedad.</i></p> <p><i>Este cuadro es una guía básica para la identificación de problemas de humedad.</i></p>	



gún sifón; en general estas humedades se presentan como un problema localizado.

**h. Permanente.** Cuando la red de agua potable presenta fugas en tubería, accesorios, grifos, filtrando en los elementos constructivos en su parte interna o externa, generando humedad de forma continua y constante.

#### CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES

Dependiendo de las evidencias patológicas y la relación entre la tipología, la localización y la caracterización, se encuentra a qué elemento o elementos constructivos están asociadas las tipologías.

Una vez identificada cualquier forma de humedad y su fuente es necesario establecer el tratamiento a seguir. En el Cuadro 3.3 se plantea una guía, donde mediante la observación se determina el posible daño o defecto y su fuente.

#### DIAGNÓSTICO DE HUMEDADES

Identificadas, localizadas y caracterizadas las humedades se procesa y elabora la siguiente documentación:

- Cartografía de las lesiones.
- Mapas de humedad ambiente.
- Mapas de focos de evaporación.

Esta documentación se analiza y a partir de allí se establecen unas conclusiones previas: pre-diagnóstico

#### Ensayos de comprobación del pre-diagnóstico

Normalmente, la humedad que afecta a una edificación no tiene una única causa. Por esta razón, los pre-diagnósticos manejan varias hipótesis, y para comprobar cada una de ellas hay que hacer los estudios correspondientes a cada hipótesis. Estos son:

**a. Estudios complementarios de comprobación de las hipótesis del pre-diagnóstico de humedades del terreno:**

- Estudio geotécnico, con determinación de la posición del nivel freático, la composición del terreno y el gradiente en humedad de los distintos estratos.
- Apertura de catas o calas.
- Toma de muestras de materiales para estudio de contenidos de humedad y humedad de equilibrio.
- Inspección de redes mediante cámara y detector de cajas de inspección o arquetas.

**b. Estudios complementarios de comprobación de las hipótesis de pre-diagnóstico de humedad de agua lluvia:**

- Estudios de escorrentía *in situ*.
- Toma de muestras de materiales para determinación de propiedades hídricas.

**c. Estudios complementarios de comprobación de las hipótesis de pre-diagnóstico de humedad de condensación:**

- Monitorización de la edificación mediante termohigrómetros data-logger o sensores similares.
- Estudio de los caudales de ventilación o renovación de aire.
- Análisis del comportamiento de los cerramientos mediante herramientas informáticas.

*Cuadro 3.3 Correlación entre variables y elementos*

TIPOLOGÍA DE LA HUMEDAD	CARACTERÍSTICAS	LOCALIZACIÓN
MANCHAS	ASCENDENTE DESCENDENTE LOCALIZADA CÍCLICA PERMANENTE	- Cimientos, sobrecimientos - Elementos verticales (muros de fachada, muros interiores, antepechos, culatas, áticos, columnas, quiebrasoles, puertas, ventanas) - Elementos horizontales (pisos, terrazas, cielos, losas) - Obras de guarnición y protección (aleros, voladizos, alfajías, remates, zócalos).
GOTERAS	PROFUNDA LOCALIZADA CÍCLICA PERMANENTE	- Elementos horizontales (losas, cubiertas, terrazas) - Obra de guarnición y protección (aleros, voladizos) - Instalaciones de agua potable, aguas residuales.
DECOLORACIÓN	ASCENDENTE DESCENDENTE LOCALIZADA GENERALIZADA SUPERFICIAL	- Elementos verticales (muros de fachada, muros interiores, antepechos, culatas, áticos, columnas, quiebrasoles, puertas, ventanas) - Elementos horizontales (pisos, terrazas, losas, cielos). - Obras de guarnición y protección (aleros, voladizos, zócalos, alfajías, remates)
PÁTINAS	LOCALIZADA GENERALIZADA SUPERFICIAL	- Elementos verticales (muros de fachada, muros interiores, antepechos, culatas, áticos) - Obras de guarnición y protección (zócalos)
MUSGOS Y LÍQUENES	LOCALIZADA GENERALIZADA SUPERFICIAL	- Cimientos, sobrecimientos - Elementos verticales (muros de fachada, muros interiores, antepechos, áticos) - Elementos horizontales (pisos, terrazas, losas de cubierta) - Obras de guarnición y protección (zócalos)
EFLORESCENCIAS	LOCALIZADA GENERALIZADA SUPERFICIAL PROFUNDA	- Elementos verticales (muros de fachada, muros interiores, antepechos, culatas, áticos, columnas, quiebrasoles) - Elementos horizontales (pisos, terrazas, cielos, losas) - Obras de guarnición y protección (aleros, voladizos, remates, zócalos)
ÓXIDOS	LOCALIZADO GENERALIZADO SUPERFICIAL	- Elementos verticales (columnas, quiebrasoles, puertas, marcos, ventanas) - Elementos horizontales (losas, vigas, dinteles, pérgolas) - Obras de guarnición y protección (solapas)
DESCASCARAMIENTO	SUPERFICIAL LOCALIZADO GENERALIZADO	- Elementos verticales (muros de fachada, muros interiores, antepechos, culatas, áticos, columnas, quiebrasoles, puertas, ventanas) - Elementos horizontales (cielos, losas) - Obras de guarnición y protección (aleros, voladizos)
EROSIONES	SUPERFICIAL LOCALIZADA GENERALIZADA	- Elementos verticales (muros de fachada, muros interiores, antepechos, culatas, áticos) - Elementos horizontales (pisos, terrazas, losas) - Obras de guarnición y protección (zócalos, andenes perimetrales)
AMPOLLAS	SUPERFICIAL LOCALIZADA	- Elementos verticales (muros interiores) - Elementos horizontales (cielos, losas)
DESPRENDIMIENTOS	SUPERFICIAL LOCALIZADO GENERALIZADO	- Elementos verticales (muros de fachada, muros interiores, antepechos, culatas, áticos, columnas, vigas) - Elementos horizontales (pisos, terrazas) - Obras de guarnición y protección (zócalos, solapas)
HUNDIMIENTOS	ASCENDENTE PROFUNDO LOCALIZADO GENERALIZADO	- Elementos horizontales (pisos, terrazas) - Obras de guarnición y protección (andenes perimetrales).

- Para el caso de posible condensación higroscópica: toma de muestras para la determinación en laboratorio de la higroscopicidad de los materiales.

#### Deducción de las causas y diagnóstico

La tarea más importante y también la más difícil cuando hay presencia de humedad en una edificación consiste en determinar las causas. Por lo general será necesario un período prolongado de observación, pues el hecho de que la humedad sea permanente, o aparezca después de fuertes lluvias, o sólo se observe durante la estación fría, permite obtener conclusiones en cuanto a su origen. Y sólo si estamos seguros con respecto a la causa, las medidas de corrección tendrán éxito.

Con los estudios de comprobación realizados se estará en condiciones de definir las causas (normalmente varias y concatenadas) de la humedad en la edificación. El diagnóstico debe tratar de clasificar la humedad que afecta a la edificación en uno o varios de los tipos descritos anteriormente. De esta forma se pueden establecer criterios generales de intervención.

La deducción de las causas hace referencia al análisis del problema una vez encontrado y a la solución por la que se optará para reparar de forma eficaz la parte o el elemento constructivo y su área afectada. Estas pueden ser de orden general o particular.

#### De orden general

Las causas que producen la humedad en una edificación se originan en el proceso de producción del bien en su conjunto, o en sus diferentes fases: planeación, ejecución y funcionamiento.

En la fase de planeación, por problemas de concepción de la edificación en relación con el sitio, condiciones climáticas (situación geográfica, temperatura, precipitaciones, asoleación, vientos predominantes, etc.), geológicos, hidrológicos, morfológicos; en el diseño de elementos, su materialidad, su solución de detalle, sus uniones y conexiones; en la definición de especificaciones técnico-constructivas.

En la fase de ejecución por deficiencias en los procesos de construcción, falta de control en la recepción de materiales y en los procesos de transformación en componentes y elementos constructivos.

En la fase de funcionamiento, la no existencia de manuales de mantenimiento, y criterios de inspección y prevención, escaso mantenimiento, deterioro natural de la obra en el tiempo, prácticas incorrectas de los usuarios.

#### De orden particular

Dependiendo de las evidencias y la identificación de las causas, éstas pueden ser externas a la edificación, como: Manto freático superficial, aguas lluvias, lluviosidad; o internas propias de la edificación, como: alta generación de humedad y riesgo permanente de condensación, filtración por la no existencia o mal diseño de obras de guarnición y protección (aleros, alfajías, remates, solapas, zócalos, andenes perimetrales, sellos, etc.), juntas de dilatación y construcción abiertas, cubiertas y obras de guarnición con escasa pendiente, su superficie construida con materiales permeables, vanos de puertas y ventanas sin elementos de protección o evacuación como goteros, botaguas, sistemas de cierre hermético, voladizos, aleros, etc., deficiente asoleación y ventilación, filtración de agua almacenada o de las redes de agua potable o de aguas residuales y aguas lluvias (canales, bajantes, gárgolas, drenajes).

#### Propias de los elementos constructivos

**a. Cimentaciones y sótanos:** Los elementos constructivos, tales como cimentaciones, muros de contención, entre otros, están expuestos al contacto directo con el suelo y por lo tanto de la humedad que proviene de él, ya sea producto de agua subterránea, nivel freático, agua lluvia. Esta agua puede ascender por capilares del mismo suelo hasta alcanzar la cimentación y si ésta no ha sido construida con materiales impermeables o protegidos el agua será absorbida por sus poros, capilares y fisuras,

subiendo por capilaridad al resto de la estructura.

La humedad se puede presentar en las cimentaciones y sótanos, expresada en filtraciones, manchas, etc., por encontrarse ubicado el edificio en una zona de ambiente lluvioso y/o suelos saturados, y ante esta situación no se tomaron las medidas preventivas tales como elevar el nivel de la edificación, proveer pendientes y drenajes que facilitaran la evacuación del agua, sistemas de impermeabilización que impidan el ascenso del agua hacia la estructura y los cerramientos.

Si un muro perimetral de un sótano aparece mojado o húmedo, es porque se dan simultáneamente cuatro circunstancias que son: Hay una fuente de agua, falta de aislamiento entre el elemento constructivo y el agua, existen vías de penetración en los elementos constructivos o hay dificultad de secado para eliminar el agua presente.

Si se revisan las cuatro situaciones se tiene que la primera y la última afectan principalmente condiciones ambientales mientras que la segunda y la tercera lo hacen a la constitución y propiedades de los elementos constructivos afectados; aunque es preciso anotar que en las condiciones ambientales influyen también las condiciones arquitectónicas y constructivas de la edificación.

El suelo también experimenta alteraciones debido a la humedad; los suelos arcillosos se hinchan en presencia de humedad y

se contraen al secar, lo cual puede derivar en movimientos del terreno sobre el que se asientan las cimentaciones de la edificación.

**b. Pisos:** Son elementos que delimitan espacios abiertos o cerrados y que por lo tanto deben satisfacer exigencias en lo funcional y requieren de especificaciones técnicas y materiales resistentes a las condiciones a las que van estar sometidos. En el caso de pisos exteriores estos deben ser resistentes a la intemperie dado que están expuestos al agua y por lo tanto deben ser impermeables, permitir la evacuación de ésta, brindando comodidad y seguridad al transeúnte, ofreciéndole superficies de texturas ásperas y estrías de retención.

La presencia de agua, ya sea de manto



freático o inundaciones que producen empujes en el suelo, originan desprendimientos o levantamientos, manchas, eflorescencias, hundimientos en pisos o en superficies horizontales. Esta situación es producto de no haber diseñado sistemas de drenaje, evacuación y conducción de las aguas o elementos exteriores como muretes de contención, para impedir que el agua ascienda y penetre en la superficie, lo cual origina deterioro que afecta las condiciones funcionales, de estabilidad, salubridad, seguridad, y la estética del piso. Este fenómeno resulta ser más crítico cuando la edificación se encuentra en climas húmedos.

Dependiendo del piso, su materialidad y continuidad constructiva, así va a ser su comportamiento y durabilidad frente al agua en el tiempo. Los pisos se pueden agrupar en cuatro clases: pavimentos de concreto o mortero, baldosas pétreas o cerámicas, de madera y de láminas flexibles.

**c. Muros de fachada:** Las fachadas son algo más que un cerramiento para la edificación: son una barrera que evita que las acciones que inciden en ella pasen al interior como la materialización de la relación entre el edificio y su entorno. La solución de éstas, está ligada a otros aspectos constructivos, como son la climatización que se ha de producir en el interior, el tipo de cubierta utilizada, el tipo de estructura... por lo tanto, no es un elemento aislado, sino que hay que analizarlo junto al resto de las otras partes de la edificación.

La fachada como elemento fundamental de la envolvente de la edificación actúa como barrera protectora ante las inclemencias atmosféricas, por lo tanto sufre agresiones físicas por efecto del agua lluvia, lo cual provoca su filtración presentándose humedades como lesión mas frecuente. El hecho de estar constituidas por múltiples componentes, con cambios de plano, hacen de ella

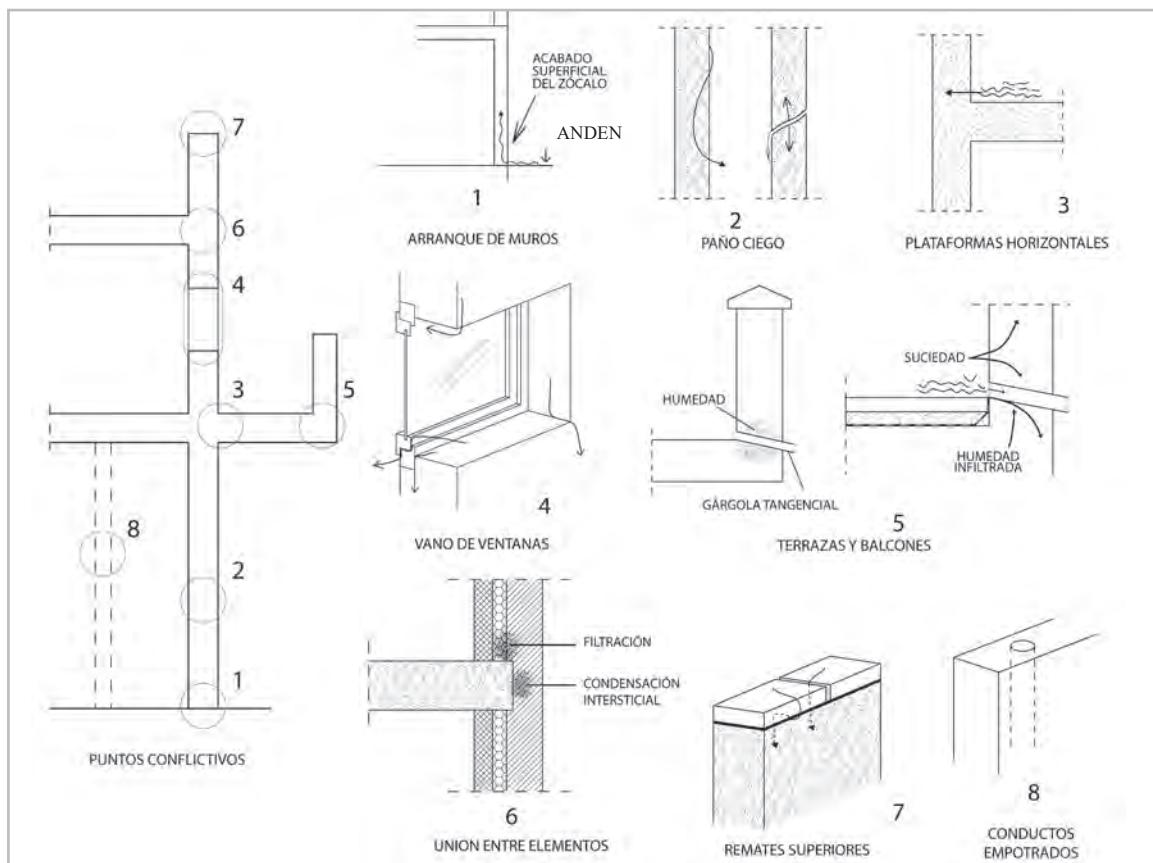


Figura 3.3 Puntos conflictivos en fachadas



un elemento vulnerable donde suelen aparecer un buen número de puntos conflictivos.

Las fachadas presentan puntos singulares que pueden dar origen a patologías, como son: los puntos de coronación, las esquinas, los vanos, los voladizos, los zócalos... En estas zonas singulares los problemas más frecuentes que se pueden dar son los debidos a la posible corrosión de los paramentos, a los desprendimientos de los revestimientos, a las fisuras y humedades de los muros y a la permeabilidad de los cerramientos.

Las humedades en los muros de fachada se presentan en remates superiores (cornisas, antepechos y petos de terraza) cuando la albardilla es inadecuada o insuficiente, produciendo filtración por los bordes o por las juntas entre piezas y manifestándose ésta como hongos, manchas, embombamientos y descascaramiento de la superficie del material debido a la penetración de agua lluvia, de lavado, aseo y limpieza, del terreno o por humedad ambiental.

El deterioro de la fachada por efecto de presencia de agua depende del material con que se ha construido y de su geometría. La porosidad y textura del material que conforma la superficie de la fachada es un factor determinante para la absorción del agua lluvia; en cuanto más compacto sea el material de la fachada, menos durarán las fases de mojado, saturación y más rápido se formará la película o lámina de agua, en cambio,

cuanto más porosa sea la fachada más tiempo trascurrirá hasta la saturación del material.

Sin embargo, la porosidad no es el único factor de un material que influye en los procesos de absorción, mojado y saturación, también lo es la textura superficial de éste, ya que en cuanto más lisa y poco rugosa sea, más rápida y fácilmente se deslizará la lámina de agua formada sobre la fachada como consecuencia de la acumulación de agua lluvia. La textura de la superficie puede ser lisa, rugosa o rayada.

La geometría de la fachada influye también de manera notable en el desplazamiento del agua en la superficie, en la velocidad de deslizamiento de la lámina de agua, en su recorrido y en su posible penetración en ella. Cuando se habla de geometría de la fachada se hace referencia a tres aspectos básicos de la misma: la inclinación del plano con respecto a la horizontal, los entrantes y salientes verticales y los relieves.

En las fachadas suelen identificarse ocho puntos conflictivos que son: arranque de muros, paño ciego, plataformas horizontales, vanos de puertas y ventanas, terrazas, balcones y relieves, unión entre elementos, remates superiores y conductos empotrados. Estos sitios, por lo tanto, requieren de una solución de detalle en donde se exprese claramente su materialidad y diseño geométrico (Figura 3.3).



Pero estas no son las únicas humedades que podemos encontrar en las fachadas, también es corriente hallar otras lesiones producto de la presencia del agua que tiene origen distinto a la filtración como humedades de microcapilaridad, de condensación o accidentales.

**d. Muros interiores:** En los muros interiores de los espacios de áreas húmedas el paso de agua, humedad y vapor hacia las caras opuestas (externas) de los muros se evidencia por las filtraciones, manchas, eflorescencias, desprendimientos, descascaramientos del material o de su epidermis.

Los muros expuestos a la humedad expresada en sus diferentes tipologías, tanto los que están a la intemperie como los expuestos a humedad en el interior, presentan esta situación por la falta de obras de guarnición y elementos de protección que impidan el paso del agua en sus diferentes estados.

**e. Vanos, puertas y ventanas:** El paso de agua por filtración y de humedad ambiental hacia el interior de la edificación en el encuentro de planos perpendiculares entre los vanos de marcos, puertas y ventanas y en las uniones entre diferentes elementos, así como en el dintel superior producen manchas, embobamientos y desprendimientos de la epidermis del material, situación que se origina por problemas de diseño de juntas

entre muro y marco, entre marco y tablero de puerta, y entre marco, ventana y vidrio.

Si falla el material de sellado la junta facilita la filtración del agua acumulada en cualquiera de los planos, que puede ser el de nivel superior que al no tener gotero permite que el agua escurra, resbale por la fachada y filtre hacia el interior.

Se presentan también filtraciones cuando no existen o no están funcionando adecuadamente las alfajías o botaguas, admitiendo el paso del agua por la parte inferior. El propósito de este elemento de protección es desviar el agua que recibe la ventana y evitar así que se humedeza el muro de fachada, por una parte, y que el polvo y el mugre que arrastra el agua terminen ensuciándola.

Además, suelen presentarse filtraciones propias de la carpintería de la ventana que si no está resuelta su estanqueidad (doble solape, cámara de descompresión, drenaje interior y vierteaguas en juntas horizontales) facilita también la entrada de agua lluvia cuando ésta es impulsada por el viento.

En los vanos se presentan otros dos tipos claros de humedades de condensación: por un lado, el puente térmico perimetral, más difícil de evitar entre jambas y dinteles; y por otro lado la condensación superficial interior sobre el vidrio que provoca un lagrimeo que acaba en el antepecho y que si no se canaliza, puede ir afectando el material poroso que constituye la superficie de la fachada.

Dependiendo del material con el cual han sido elaboradas las puertas y ventanas presentan, si son de metal, oxidación por presencia de humedad, experimentando inicialmente cambios de color y a largo plazo corrosión; si son de madera, deformaciones por efecto de secado y humedad y en ambientes muy húmedos por hongos.

La utilización de carpinterías mucho más estancas al aire hace que el agua genere problemas adicionales de condensación al no considerar el papel difusor de vapor que se produce en las rendijas de puertas y ventanas, haciéndose necesario complementarlo con un refuerzo de ventilación artificial.

**f. Cubiertas, terrazas:** Los componentes fundamentales de las cubiertas son: la base estructural, el soporte de la cobertura, la cobertura y los componentes complementarios, el sistema higrotérmico y el sistema de evacuación. Cada uno de ellos cumple funciones específicas en cuanto constituyen la envolvente superior de la edificación, definen y protegen el espacio interior y por ende garantizan condiciones de habitabilidad al usuario.

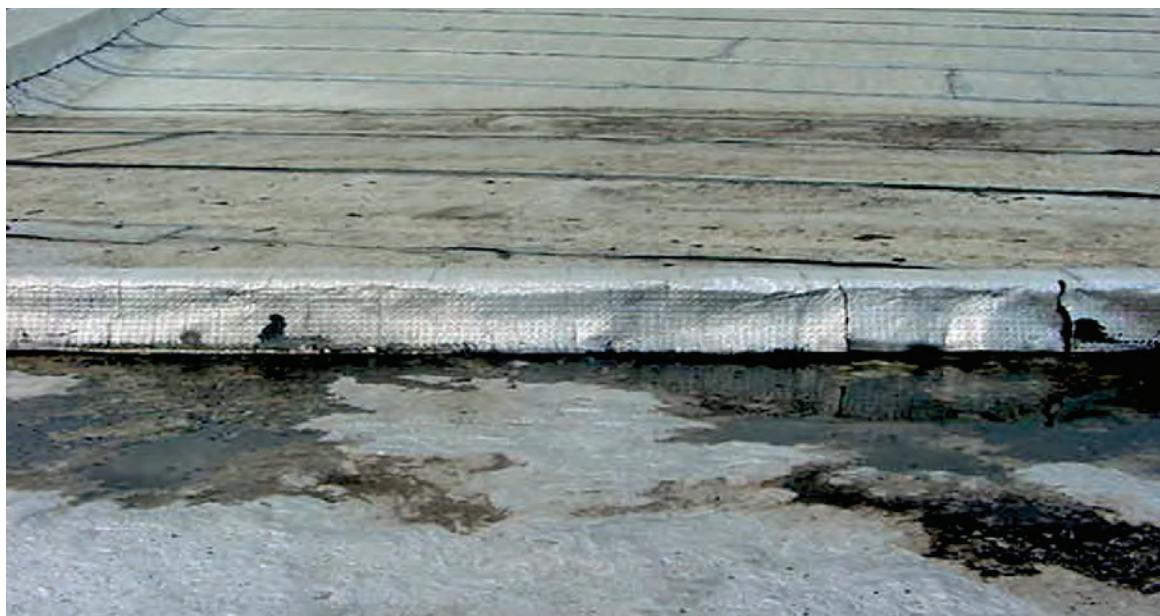
La cobertura o superficie de la cubierta, junto con el sistema de evacuación de agua lluvia, son aquellos componentes que por su naturaleza impiden la penetración de ésta hacia el interior. Dependiendo de su mate-

rialidad y continuidad de los elementos tienen cobertura discontinua o continua y su forma constituye superficies planas o inclinadas. Su impermeabilidad y estanqueidad son condiciones necesarias que deben cumplir, igual que su durabilidad.

La presencia de agua expresada en inundaciones o en pequeñas fugas, hace necesario revisar de dónde provienen, para luego hacer un inventario acerca de los elementos o partes de la edificación que están afectadas. Estas situaciones pueden tener diferentes orígenes, ya sea si se trata de muros perimetrales de la cubierta o la terraza donde se producen filtraciones debido a la edad del inmueble o a las inclemencias climatológicas, a un mal aislamiento de la azotea, del tejado, del ático, y en definitiva en cualquiera de los elementos de protección o de impermeabilización de la edificación, situación que provoca daños materiales e incomodidades a los habitantes de ésta o al vecindario.

Igualmente, la falta de pendiente en las cubiertas planas y terrazas produce empozamiento de agua, embombamiento, si se han construido con materiales permeables que permiten filtraciones o paso de agua que se expresan como goteras, manchas, descascaramiento, desprendimiento y eflorescencias. También suelen presentarse por rotura de la membrana impermeable o el despegue de su





borde, con lo cual el agua se filtra por esos sitios alcanzando la estructura horizontal de soporte, corriendo el agua por ella hasta encontrar una vía de penetración que provocará la gotera.

En cubiertas inclinadas, la filtración se puede producir en el traslape entre tejas o en los aleros, así como en los encuentros de éstas con los muros. También son fuente habitual de filtraciones los empalmes de cubierta con material diferente, tal como sucede cuando se coloca una teja plástica translúcida dentro de una cubierta de fibrocemento o similar. Así como también suelen presentarse goteras por efecto de los años debido a desniveles en la línea de pendiente, porque la estructura de soporte se ha descendido, impidiendo el flujo normal de agua.

Estas tipologías de humedad son resultado de problemas de diseño donde no se ha llegado al detalle en el cual se determine la pendiente mínima, calculado las vías de evacuación, seleccionado el material indicado de impermeabilización de la superficie, especificado los sellos de juntas y encuentros de materiales y elementos.

En las impermeabilizaciones se suelen presentar problemas frecuentes en el encuentro de la cubierta con un paramento vertical producto de:

- La impermeabilización no se encuentra asegurada y bien pegada contra los muros laterales de la cubierta o cualquier elemento que sobresalga, presentándose cortes, fisuras o arrugas que puedan permitir el paso del agua.
- La impermeabilización está a la vista y no tiene daños aparentes pero la pintura reflectiva se ve desgastada.
- En aquellos sitios donde el agua se estanca, las impermeabilizaciones se deterioran primero. Para el efecto, un empozamiento en época de lluvia o una concentración especial de mugre o barro son señales claras del fenómeno.
- Se presentan goteras en el piso inferior y el acabado rígido de la terraza tiene fisuras.
- Existen goteras en el piso inferior y en la impermeabilización pueden verse perforaciones, fisuras o fallas aparentes.
- Se presentan goteras en el piso inferior y la impermeabilización a la vista tiene empozamientos y embombamientos.
- Existe un fallo general de la impermeabilización porque la cubierta no desagua correctamente y el agua se está colando entre las capas de impermeabilización y entre ésta y la base.

## REPARACIÓN DE HUMEDADES

La humedad en las edificaciones es un problema difícil de comprender. Frecuentemente se aplican pinturas, estanqueidades y otros tratamientos a menudo de forma empírica, arbitraria, bien por hábito, bien por costumbre o, peor todavía, por el solo interés comercial.

Los problemas de humedad en las edificaciones son normalmente recurrentes y encontrar la solución correcta es una empresa ardua que los numerosos productos presentes en el mercado la hacen más difícil.

Cualquier solución a un problema de humedad debe dar respuesta a las causas que la originan, las cuales pueden ser producto de:

- Presencia de agua, que puede ser líquida o en forma de vapor. En un ambiente seco no es posible la humedad.
- Falta de aislamiento entre el elemento constructivo y el agua. Esta carencia permite que el agua esté en contacto con él y lo deteriore.
- Presencia de vías de penetración en los elementos constructivos, en forma de aberturas, juntas, grietas y/o poros que permiten la entrada, circulación y difusión del agua en ellos.
- Imposibilidad o dificultad de secado o eliminación del agua presente que permanece en el interior de los materiales o en su superficie.



Para dar solución a un problema de humedad es primordial contar con un buen diagnóstico que identifique la fuente o fuentes y permita afrontarlo de manera integral, sin olvidar que pueden existir varias, y sus manifestaciones superpuestas que harán que se camuflen unas a otras. Las reparaciones deben estudiarse con criterios técnicos y los tratamientos deben haberse comprobado previamente, pues los resultados varían con las circunstancias materiales y ambientales para cada caso.

La reparación de una patología por humedad ya sea ésta interna o superficial implica una serie de acciones que dependerán de:

- Comprobar el estado del elemento o la parte afectada y su acabado, tanto a nivel general como en las zonas lesionadas; es decir, deberá hacerse una revisión del contorno inmediato del área afectada.
- Demoler parcial o totalmente el elemento o parte afectada y su acabado, saneárla, lo cual contempla no sólo la parte lesionada sino además los contornos y, ante la duda, la totalidad de éste o ésta donde reside la lesión.
- Aplicar o colocar el acabado en la zona saneada.
- Como recomendación genérica, se su-

giere, la sustitución de todo elemento, sobre todo cuando su acabado sea de adherencia continua, en los casos de adherencia por anclajes puntuales, se podrá reparar sin la necesidad eminente de su demolición.

De las cinco fuentes de humedad (humedad de filtración, capilar, de condensación, accidental o de uso, de obra o de construcción), cada una obedece a fenómenos distintos, por lo que no hay un tratamiento universal para ser aplicado. Sólo un análisis de cada caso, considerando el clima, la zona, el destino de la edificación, el tipo de materiales, el diseño, entre otros factores, permite dar una solución adecuada al problema.

A continuación, en el Diagrama 4.1 se muestra el proceso que se debe seguir, el cual comprende: la inspección, el reconocimiento, el análisis y el diagnóstico del estado de la edificación en relación con las lesiones, causas y efectos producto de la presencia de humedad y el plan de acción para su corrección.

La importancia de la prevención es extrema, no basta con un mantenimiento correctivo de la edificación, es necesario, también, un mantenimiento preventivo. La preven-

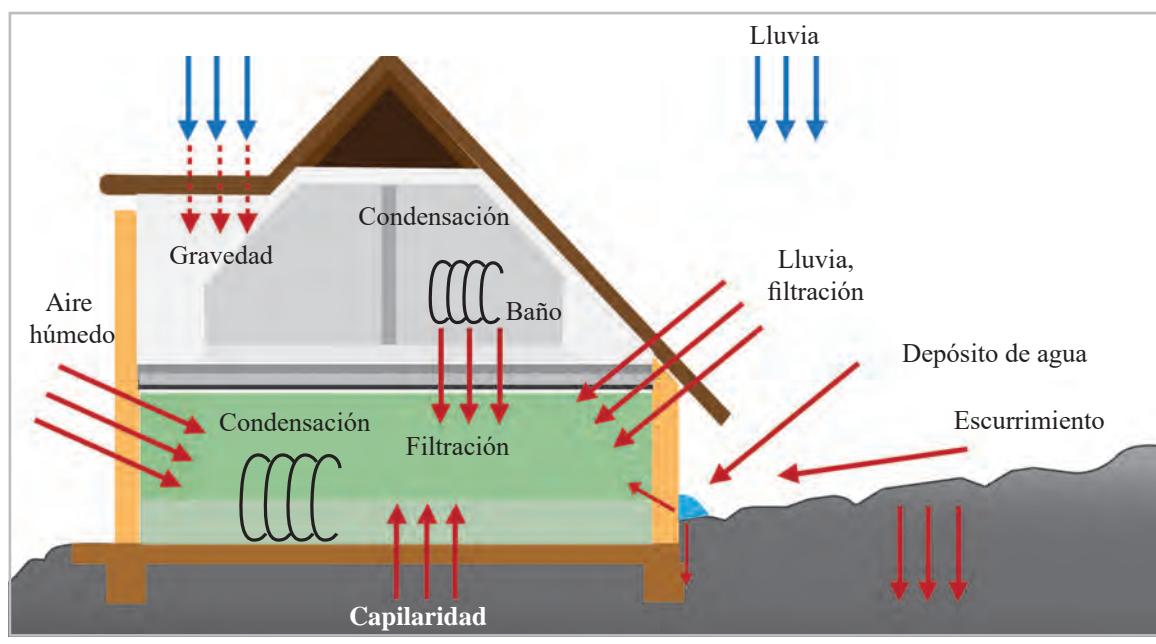
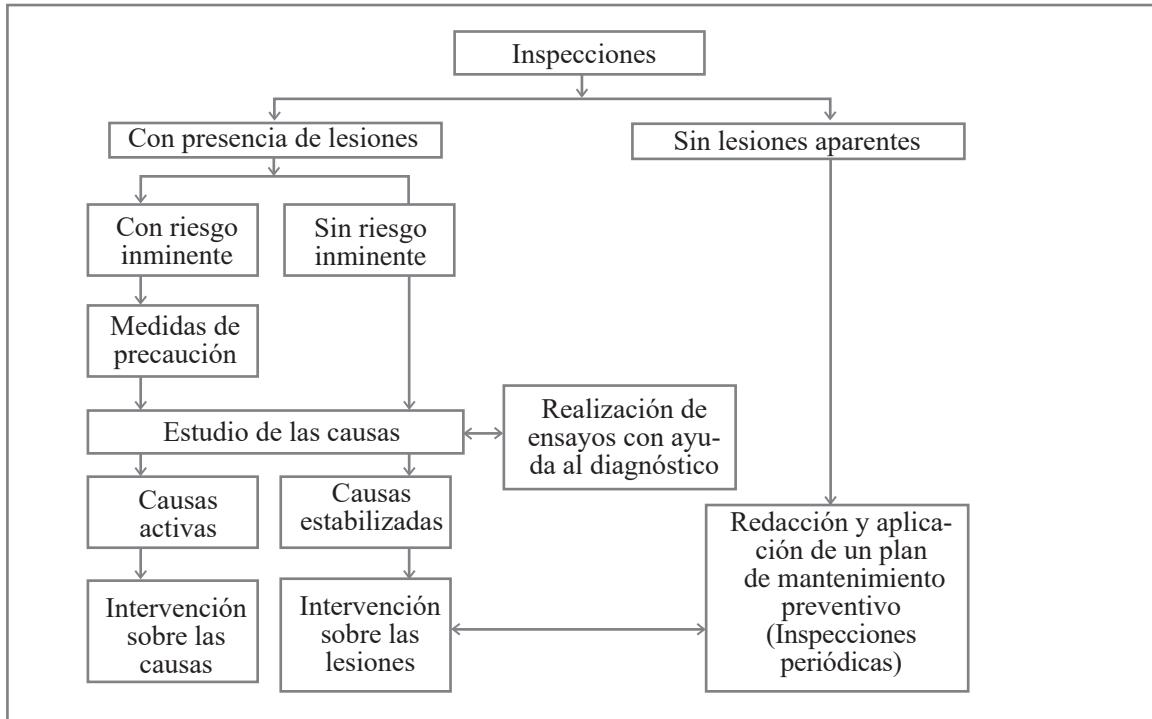


Figura 4.1 Fuentes y factores de humedad

**Diagrama 4.1 Inspección, reconocimiento y diagnóstico**

ción es la clave; si durante el diseño del proyecto no se toman los debidos cuidados para evitar esta patología, una vez que ésta ya en uso manifieste síntomas de humedad será casi imposible curarla del todo.

Los distintos tipos de humedad y sus respectivos métodos de intervención, serían:

#### HUMEDAD POR FILTRACIÓN

Se trata de una lesión muy típica de materiales porosos. Las humedades por filtración son varias y conviene definirlas y clasificarlas a fin de establecer los parámetros que cada una de ellas demanda para su reparación.

Se debe determinar, del mejor modo, una relación causa-efecto para la investigación de hechos o circunstancias concurrentes antes o después de la aparición de la lesión. Establecer el carácter periódico o permanente; la relación con fenómenos naturales o no naturales.

Una vez detectada una humedad es importante repararla; las humedades son degenerativas y acaban afectando las estructuras,

y en ocasiones la reparación acaba siendo mucho más costosa de lo que pudiera haber sido en un principio.

#### Evidencias

La humedad por filtración generalmente se presenta en superficies sin impermeabilizar o con impermeabilización deficiente que permite el paso de agua a través de la fachada, muros de contención y cubiertas. Es frecuente que se produzca en los encuentros de muros de sótanos con la solera y la losa o forjado superior, así como en juntas constructivas entre distintos elementos, por rotura de los cerramientos o acabados.

El agua presente en el suelo que está en contacto directo con los muros, se filtra a través de éstos, generando una serie de problemas en los materiales de construcción con el consiguiente daño estructural de la edificación, fallos en las instalaciones eléctricas, desprendimiento de los revestimientos interiores y, sobre todo, entrada de agua al interior de la edificación, creando un ambiente con humedad, insalubre y no habitable.

Las manchas por entrada de agua siempre marcan una línea de contorno y en su centro se sitúa la filtración; si la entrada es generalizada, la forma puede ser alargada. Los cielos falsos pueden engañar el sitio de penetración al aparecer estas últimas muy lejos del lugar donde se producen. Las paredes alicatadas o forradas de materiales impermeables pueden llevar a engaño de dónde se produce la humedad, ya que al no poder salir el agua, va empapando el muro, hasta encontrar el lugar donde pueda evaporarse.

Lo más importante e imprescindible para solucionar el problema de humedades por filtración es encontrar la zona de entrada, y no el lugar de salida, que es el que se suele ver.

Guiados por la humedad observada en el interior, se examinan los paramentos exteriores buscando en el lugar correspondiente defectos en el acabado, grietas y otras fallas por las cuales podría entrar el agua. Se analizará el diagnóstico en las diferentes situaciones señaladas en cuanto a humedades por filtración en fachadas, muros de contención y cubiertas.

### **Humedades en fachadas**

Las aguas de lluvia pueden filtrarse de varias formas en las fachadas: por los poros o por las fisuras y ranuras del material. Generalmente, los elementos de fachada más amenazados son aquellos que están frente al viento dominante, ya que este último añade fuerza a la caída del agua. Los muros con humedad pierden todo su brillo y estética. Los poros superficiales se ensucian, y no sólo se resquebraja el cemento en la superficie sino que la pintura se desconcha; en el interior, los papeles pintados se despegan, la pintura se descuelga y hay demasiada humedad en el ambiente. Las humedades en fachadas suelen presentarse en los paños ciegos, en los remates superiores de los muros, en los relieves, en los vanos.

**a. En los paños ciegos:** Puede confundirse con humedades de obra, condensación, capilaridad (cerca de los arranques) e incluso con humedades accidentales. Para ver las

posibilidades de la filtración, habrá que conocer la porosidad de los materiales constitutivos de la fachada y, sobre todo, el coeficiente de absorción de la capa exterior.

**b. En los remates superiores:** Las filtraciones en albardillas, cornisas y petos de terrazas no suelen ofrecer dudas, ya que difícilmente coinciden con otro tipo de humedad. Si la albardilla es insuficiente o poco impermeable, con escaso vuelo en los dos frentes, con juntas abiertas entre las piezas que la conforman, se suele presentar filtración, bien por los bordes o por las juntas.

**c. En todo tipo de relieves:** En el encuentro entre el plano de fachada y cualquier elemento perpendicular a éste, ya sean molduras, salientes, etc. se puede producir acumulación de agua que facilita su filtración hacia el interior. Con estas plataformas horizontales suele presentarse confusión en relación con las llamadas "microcapilaridades", aunque estas últimas pueden permanecer en la capa exterior del cerramiento, las filtraciones tienden a penetrar hacia el interior de la edificación. Para su identificación es necesario hacer una pequeña "cala" para observar el recorrido.

**d. En vanos de puertas y ventanas:** Las filtraciones también se presentan en el encuentro de planos perpendiculares que forman diedros en los que coinciden las juntas constructivas entre materiales distintos, paramento y carpintería. Si falla el material de sellado la junta facilita la penetración del agua hacia el interior. Por otro lado los vanos de puertas y ventanas tienen otros dos puntos de filtración, el dintel que si no tiene gotero la hace posible y las juntas practicables de la propia carpintería, que si no tiene resuelta la estanqueidad también facilita su entrada.

### **Humedades en muros de contención**

Se presentan humedades por filtración lateral en muros por debajo de la rasante o nivel. Estas humedades se producen gene-

ralmente en plantas bajas semienterradas, en muros o paredes donde en la zona posterior de estas hay un contacto directo con el terreno y no existe un sistema de aislamiento adecuado que impida el paso de humedades; son producidas comúnmente por climatología y en otras ocasiones por anomalías en instalaciones adyacentes, en otros casos menos comunes por cambios en el curso de pequeños acuíferos.

La presencia del terreno puede hacer que la humedad atraviese los muros y provoque daños en las bodegas, sótanos y garajes situados debajo del nivel del suelo. Si estos muros están en contacto directo con él, se produce un paso lateral de la humedad del terreno a los muros, afectándolos seriamente.

La infiltración lateral provoca un desgaste acelerado de los materiales de construcción y de las juntas, lo cual puede ser un peligro para la resistencia estructural de la edificación, además conllevan una amplia lista de problemas como riesgos con la instalación eléctrica, daños en muebles, marcos de madera, puertas, ventanas, parquet, objetos almacenados, aparatos eléctricos y

electrónicos (ordenador, equipo hi-fi), etc. También genera graves problemas estéticos, haciendo caer cualquier revestimiento que se aplique; además, tener filtraciones laterales en la edificación aumenta la factura de calefacción entre un 15 y un 30%, así como ocasiona desagradables sensaciones de incomodidad (escalofríos, ropa y sábanas húmedas...) (Figura 4.2).

### Humedades en cubiertas

Se presentan como goteras y manchas. Las encontramos bajo las losas y pueden perdurar mucho tiempo, hasta que toda el agua se evapora de los materiales. Se manifiestan creando círculos, en cuyos extremos aparecen eflorescencias de las sales arrastradas por el agua que ha disuelto los materiales empapados como el mortero de pendientes.

Se debe partir de la consideración de que la cubierta es más un elemento de protección que de separación y sin duda el más expuesto a las acciones de agentes agresivos tales como la lluvia, hielo, nieve, la radiación solar, el viento o la contaminación.

La entrada de la lluvia en las edificaciones se evita, en primer lugar, mediante la cubierta, que puede ser plana o inclinada, dependiendo de la técnica constructiva que se use. Además de evitar que el agua penetre directamente es necesario conducirla y alejarla del edificio, para impedir de este modo su entrada al interior a través de diferentes mecanismos o de elementos de protección. Pueden emplearse elementos tales como aleros, pretilles, cierres de vanos.

**a. Aleros.** Se usan igualmente en cubiertas planas o inclinadas y también en el caso de varios niveles, pueden situarse en alturas intermedias. Su función es evitar que el agua llegue a la fachada y pueda penetrar a través de cierres de vanos o por alguna cavidad. Se procura a su vez evitar que el agua al caer al terreno salpique los muros y penetre por absorción; para lograrlo se hacen aleros con un vuelo tal que aleje la caída del agua o se les sitúa canales y bajantes de agua lluvia.

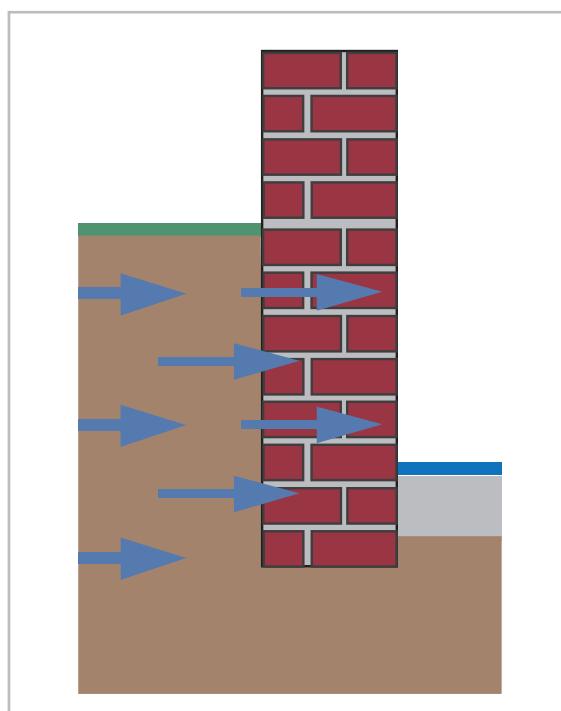


Figura 4.2 Infiltración lateral

**b. Pretiles.** En los techos planos se puede dar caída libre al agua o situar unos muretes o pretiles, o antepechos en todo el perímetro de la edificación para evitar que el agua de lluvia baje sobre los muros exteriores; el agua se conduce mediante pendientes y se extrae por bajantes de agua lluvia.

**c. Cierres de vanos.** Los cierres de vanos se construyen para, entre otras funciones, no permitir la entrada del agua de lluvia que sobrepase las protecciones anteriormente mencionadas. En los lugares de lluvias intensas combinadas con viento, los cierres de vanos tienen que estar diseñados para estas condiciones desfavorables.

#### Anulación de la causa

A continuación, dependiendo de la fuente o fuentes y los sitios donde se originan, se plantean soluciones tendientes a anular la causa o causas. Frente a estas múltiples causas posibles no hay una receta de aplicación general, pues la medida de corrección depende de cada situación. Sin embargo, una vez que se sabe por dónde penetra el agua, el resto es sencillo. Para la corrección de la filtración de las aguas de lluvia se continuará con la metodología anteriormente utilizada en las evidencias, filtración en las fachadas, en los muros de contención y en las cubiertas.

#### Humedades en fachadas

Si la edificación sufre de humedad en los muros, ésta los destrozará, romperá las tuberías de agua potable, dañará los cables de electricidad, teléfono y hasta los tomacorrientes, cajetines y tapones por donde sale con frecuencia. Para acabar con esta humedad, no se debe seguir con los remiendos tradicionales, ya que esto podría “ahogarla”, haciendo luego que reviente por encima de los mismos, perdiendo como consecuencia el trabajo realizado y volviendo a quedar con el problema inicial.

Cuando se hayan secado los muros es aconsejable utilizar para las reparaciones el mismo tipo de materiales o bien otros compatibles con los originales, para que se com-

porten de modo similar frente a los cambios climáticos.

Por otra parte, en la medida de lo posible, es preferible utilizar materiales porosos que permitan que los muros “respiren”, es decir, que intercambien humedad con el ambiente, absorbiendo en los días húmedos y eliminando en los secos.

Una vez verificado que los muros se han secado, se deben eliminar todos los repellos o revoques flojos hasta el ladrillo en una extensión que abarque los firmes adyacentes. Al retirar éstos se encuentran sales depositadas, que deben ser removidas en seco con cepillos de alambre o de cerda dura; de no hacerlo, por su carácter higroscópico, absorberán humedad ambiente y aumentarán de volumen ocasionando nuevamente deterioros. Dependiendo del elemento de fachada y de su función en ella se expresan a continuación acciones para su corrección.

**a. En los paños ciegos.** La filtración se elimina según su causa. En el caso de elementos con superficie porosa y en situación expuesta, se tratará de impermeabilizar el elemento, teniendo en cuenta que su condición impermeable no impida al cerramiento respirar. Este tratamiento se podrá llevar a cabo por medio de pintura hidrófuga de poro abierto, idealmente de tipo “mineral” o de un aplacado con elementos de chapa metálica o fibrocemento, también podrá hacerse mediante simples enfoscados o revocos de índole también hidrófugo; en su defecto se podrán emplear alicatados o chapados de piedra.

Si la porosidad es el resultado de una profunda degradación del acabado existente, con principios de erosión o desprendimiento, se procederá a su correspondiente saneado y reparación, lo que en un principio deberá terminar con la lesión.

Es muy probable que por tratarse de superficies exteriores, pintadas o no, sufren la presencia de formaciones o colonias de hongos, verdín, etc. Para eliminarlas será necesario lavar la superficie mediante el uso de una lavadora de presión o lavado y cepillado manual.

Una vez limpia, verificar la existencia de fisuras y/o grietas. Aquellas de pequeño tamaño, menores a 1 mm, directamente no se tratan, dado que el impermeabilizante, si es que se usa elastómero, las cubre y protege.

Si las paredes se encuentran con pinturas viejas descascaradas, resulta necesario eliminar totalmente las partes flojas hasta llegar a una superficie firme. Aplicar una mano de fijador al aguarrás diluido convenientemente de manera que al secar la superficie no quede con brillo. Dejar secar 8 horas y aplicar la pintura de terminación, como veremos más adelante.

Si las superficies no están pintadas, pero se encuentran entizadas, calcinadas, etc., también es necesario aplicar previo a la pintura una mano de fijador al aguarrás. Si por el contrario se trata de paredes nuevas o que están firmes, no es necesaria la aplicación de ningún fijador.

Cuando la superficie está limpia y correctamente acondicionada, si fuese necesario, aplicar emplaste o mástico para exteriores, se recomienda aplicar el menor espesor necesario y una vez seco y lijado imprimir nuevamente con fijador al aceite. Una vez concluida la preparación de la superficie, y como lo que se está haciendo es impermeabilizar, no sólo pintar, se debe apelar a un coating acrílico elastomérico para uso en exteriores, que forma "piel", o sea que cubre formando una membrana micrométrica elástica.

En los muros pintados o enlucidos se aplica un revestimiento después de una capa de fondo del mismo producto diluido y extendido con la brocha. La capa no diluida se puede aplicar algunas horas después. El aspecto del acabado dependerá del utensilio utilizado. Sobre una pared de piedra o de ladrillos, pase un producto de estanqueidad incolora con la brocha, el rodillo o la pistola; aplíquelo en dos o tres capas sucesivas, por tramos cortos, mientras el fondo absorbe el producto y hasta que se sature.

Si el problema radica en la presencia de grietas o fisuras, primero habrá que reparar éstas para dar paso al posterior recubrimien-

to. Se debe llenar la grieta para que el agua no siga entrando y empeore la situación. Como los movimientos de dilatación y contracción se repetirán, la argamasa no sirve como material obturante, de modo que luego de picar la grieta y dejar un espacio entre 7-8 mm de ancho y 1 cm en profundidad y de desempolvar ésta, se la llena hasta el fondo con una masilla elástica que pueda pintarse; la pistola con que se aplica permite extraer la masilla del cartucho; por lo tanto, después de introducirla se alisa la superficie con la cuchilla de enlucido, y posteriormente se pinta o trata la pared con el material de acabado. En caso de sólo llenar la grieta hay que ser conscientes de que ésta no tendrá un buen acabado, pero ayudará a asimilar estos movimientos.

El revestimiento de las paredes exteriores puede entrañar un gran número de fisuras superficiales; si su tamaño es relativamente pequeño, deberá tratarse la fachada enseguida con un revestimiento antifisuras impermeable, elástico y a su vez cobertor. Por lo general, estos son de un blanco fresco.

Así mismo, se realizarán reparaciones puntuales en aquellos puntos conflictivos analizados donde se encuentre existencia de grietas o fisuras, falta o defecto del material de acabado exterior, existencia de acumulaciones de agua importantes como jardineras, embalses, etc.

En el caso de despegado de piezas de revestimientos y manchas en piedras se pueden presentar dos situaciones:

- Cuando la humedad se instala bajo los revestimientos de piedra o cerámicos, produce el despegado de piezas, sean éstas pequeñas o grandes. Si el fenómeno se produce en zonas de clima templado, dicha humedad reacciona formando cristales que se expanden y desprenden las piezas de revestimiento. Existen casos donde se aprecian chorreaduras de carbonato de calcio producido por dicha humedad en reacción con la cal del mortero de soporte, las que se solidifican y son rebeldes para su remoción. Si, por el contrario, el fenómeno se pro-

duce en zonas de clima fríos, el agua de la humedad se congela y se expande, causando el despegado de piezas, inclusive piezas de gran porte. La solución al problema se encuentra sellando las juntas y los bordes del revestimiento, con un sellador siliconado adecuado para tal fin. Una vez reparado, deben revisarse los sellados al menos una vez por año, resellando las zonas que presenten dudas por deterioro.

- Cuando la humedad se instala en el interior de las piedras naturales, se produce la evacuación de sales al exterior. Debido a la presencia de minerales que se oxidan en el interior de las piedras, mármoles o granitos, es muy difícil, por no decir imposible, remover en su totalidad las manchas en piedras. Se pueden pulir nuevamente con máquinas manuales, para revivir las placas; en los interiores inclusive pueden ser tratadas con el proceso de vitrificado, que les da un aspecto de brillo espejo o efecto mojado, pero aquella mancha primitiva siempre dejará su pequeña o gran marca.

Estas situaciones se pueden prevenir si se diseña la edificación con voladizos y vierteaguas, cornizas y aleros (Figuras 4.8 y 4.9).

**b. En el caso de remates superiores.** El diagnóstico no suele presentar dudas, mientras que la reparación se enfoca generalmente hacia la impermeabilización y el correcto

drenaje del agua. Si la albardilla de concreto presenta erosión, será necesario rehacerla, adoptando las pendientes adecuadas, o sustituirla por otra de material impermeable y con suficiente vuelo por ambos lados (Figura 4.3). Si se trata de albardillas de elementos prefabricados con vuelo insuficiente y sin gotero, la filtración se produce normalmente por las juntas, las posibles perforaciones o el borde. La mejor solución es reponerlas, pero si las piezas están en buen estado, con vuelo y pendientes correctas, pueden retocarse las juntas con mortero de cemento, expansivo o de resinas, o bien sellarse con productos elastómeros. A veces también resulta conveniente colocar una nueva albardilla de chapa metálica directamente sobre la existente.

En el caso de los diedros horizontales en fachada, como primera medida terapéutica, hay que proceder al sellado de las juntas, siempre que el elemento horizontal se encuentre en buenas condiciones. De lo contrario, habrá que demoler y reponer de nuevo. En ocasiones se suele incrementar la pendiente, normalmente incluyendo un elemento impermeable tipo “semialbardilla”.

**c. Para el caso de balcones con peto de obra.** La premisa fundamental es considerarles como cubierta y tendrán que tratarse como tal; necesitan de un sistema de desague y de impermeabilización en la base de los muros; es decir, como primer paso se impermeabilizará la base de sus paredes hasta el posible nivel del agua (15 cm, aprox.) y posteriormente se realizarán drenajes con continuidad al material impermeable en la boca del tubo drenante, de forma que en su encuentro no puedan producirse filtraciones. La introducción de una cazoleta de sumidero, entre el pavimento y la gárgola, es una solución adecuada para estos casos.

En algunas ocasiones resultará difícil al usuario encontrar los daños que determinan la presencia de humedad en el interior de la edificación, tal como, por ejemplo, cuando las fachadas están cubiertas por algún tipo de placas (mosaicos, azulejos, mármol, etc.).

En el momento de la construcción puede

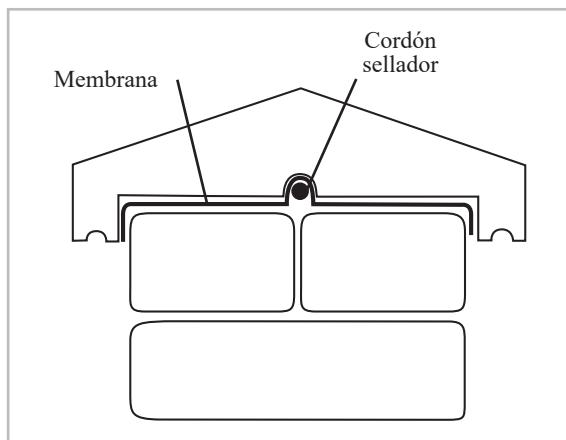
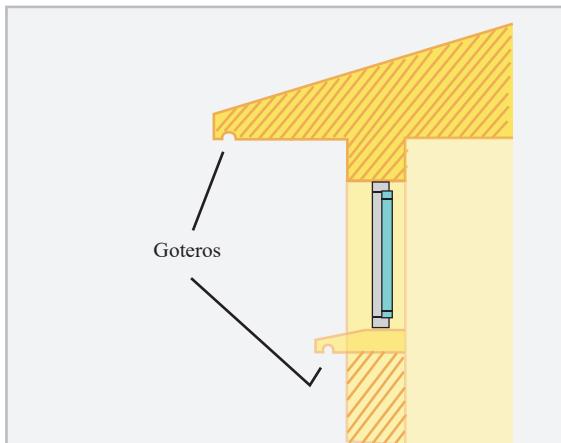
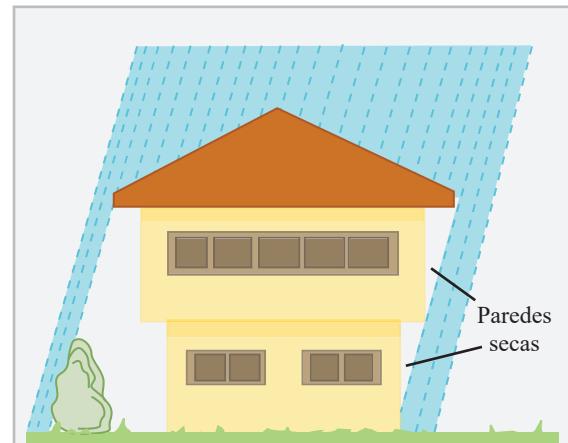


Figura 4.3 Remate o albardilla



**Figura 4.8 Construir voladizos y vierteaguas**



**Figura 4.9 Diseño de cornisas, aletas y voladizos**

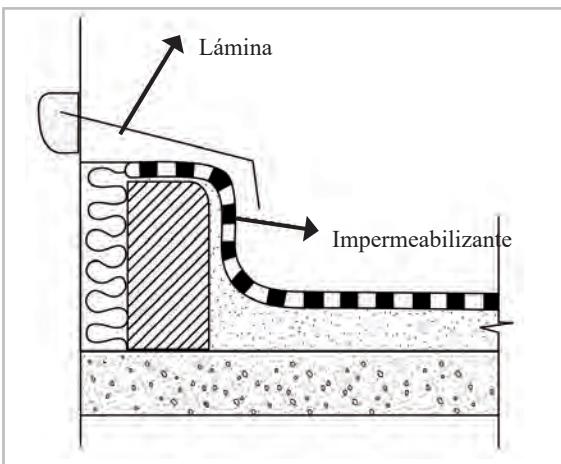
haberse dado pie para el desarrollo de daños posteriores; así, si en el mortero que sostiene las placas se dejaron huecos en donde puede acumularse el agua, ésta penetrará por las juntas al encontrar material de la mampostería con características absorbentes, que la difundirán hacia el interior (Figuras 4.4 y 4.5).

**d. Humedades en vanos.** Las puertas y las ventanas son un punto crítico de la carpintería exterior en relación con la estanqueidad. En algunos tipos de ventanas, para lograr la estanqueidad debe conseguirse una evacuación rápida del agua que pueda penetrar en el interior de la carpintería. Es también importante el sellado del períme-

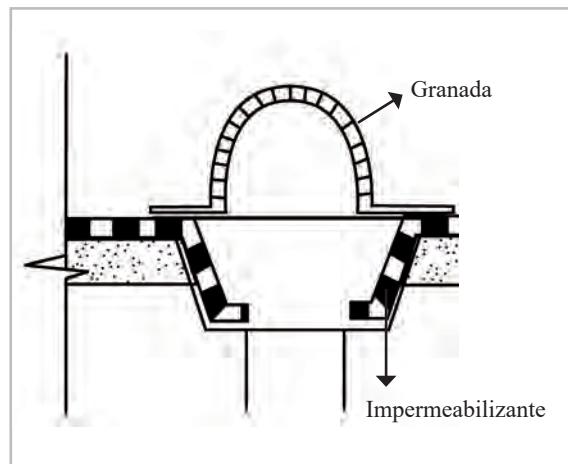
tro de las ventanas, generalmente realizado con siliconas, además revisar periódicamente abriendo en la ventana la canal inferior de recogida de agua y verificar si los orificios de salida están limpios.

Si el ingreso de agua se hace a través de las juntas, en principio se debe hacer un análisis de las formas de los materiales base que integran la carpintería que por diseño impidan la filtración del agua al interior del espacio.

El mortero para cubrir las juntas se compone de una parte de cemento, dos de arena fina y dos de cal. Existen también mezclas preparadas que se venden en bolsas y cuestan un poco más que si se prepara el mate-



**Figura 4.4 Protección del encuentro con el peto**



**Figura 4.5 Protección de atascos**

rial. La argamasa, preparada con poca agua, se mete en las juntas ejerciendo presión para llenar bien todos los huecos. La superficie se alisa con un fratás o platacho.

Debe impedirse que el agua que pueda haber ingresado a la carpintería quede estancada sin posibilidad de salir al exterior; para ello se diseña la carpintería de manera que se contemple el escurrimiento y expulsión del agua.

En el montaje de las carpinterías debe garantizarse la estanqueidad siempre que sea posible, con dos recursos diferentes de estanqueidad o dos barreras distintas; puede ser con dos mastic separados por una cámara o con una primera base de mastic y una especie de laberinto o mediante una junta con protección mecánica en la superficie y en la zona interna un mastic (Figuras 4.6 y 4.7).

Para que la acción directa del agua y los vientos que golpean la superficie no incidan perjudicando el mastic del sellado de las juntas, se debe proteger el mismo por medio de un retranqueo hacia el interior de la junta o emplear un material complementario de protección.

#### Humedades en muros de contención

Son humedades fáciles de solucionar aunque en ocasiones el costo de la reparación es elevado debido a la profundidad y complejidad del terreno. La intervención se realiza mediante un vaciado de tierras en

contacto con las paredes exteriores asegurando la zona de trabajo y aplicando barreras antihumedad y drenajes.

Por lo tanto, es recomendable no ahogar la humedad; darle en cambio salida, abriéndole espacios para que salga y deje libres los muros de la edificación. Esto se hace cortando el frizado a ras del piso, y descubriendo el ladrillo o bloque para interrumpir la humedad que sube desde el subsuelo. Ya que ésta, al sobreponerse el piso de la edificación, se encuentra con el calor del ambiente y al aflorar, se seca.

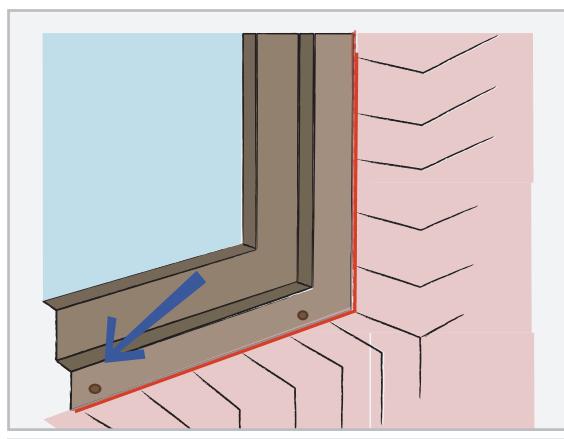
Para evitarlo, se hace un corte al frizado, buscando canalizarla y, por lo tanto, dominarla; con lo cual queda permanentemente convertida en una zona de transpiración. Entendiendo que, por estética, haría falta cubrirlo, sin que por ello pierda su capacidad de dejar salir la humedad.

En un sótano hay que diferenciar dos grupos: los que tienen sólo humedad y los que se encuentran con la presencia de agua. Los muros o paredes de los sótanos deben ser siempre impermeables en sentido vertical de piso a techo, en los muros que linden con tierra en su cara no visible, mientras que no será necesaria en el caso de lindar con otro sótano.

Cuando hay presencia de agua se deberá determinar si se trata de aguas servidas o no; en el segundo caso también se tendrá que identificar si el agua proviene de alguna fil-



*Figura 4.6 Sellado del perímetro de las ventanas*



*Figura 4.7 Sellado del perímetro de las ventanas*

tración o de napas. Este tipo de diagnóstico es competencia de un profesional. Se recomienda recurrir a un primer diagnóstico por parte de la empresa prestadora de servicios públicos (acueducto, alcantarillado), cuya antigua red muchas veces provoca filtraciones desde alguna tubería rota.

Según el origen de la humedad o del tipo de agua que se detecte, se encontrarán soluciones alternativas para cada caso, algunas veces la experiencia y el *know how* podrán salvar situaciones complicadas de forma simple. En otros casos los trabajos de reparación son pequeñas obras de ingeniería hidráulica en los que se busca darle un camino al agua, conducirla por donde se considera más eficaz, hasta llevarla a la red de agua lluvia. Se puede recomendar no aceptar jamás trabajos de inyecciones en sótanos, salvo la existencia de sótano contiguo y nunca en el caso de existir presencia de agua. En estos casos, donde el volumen de la construcción se encuentra bajo nivel del terreno natural, es probable encontrarse con las siguientes causales de entrada de agua o humedad:

- Cuando el agua atraviesa el muro del sótano, desde el exterior (terreno natural) hacia el interior, se manifiesta en forma de manchas, despegado de revestimientos, hinchamientos, eflorescencias de sales, etc., debido a reacciones químicas con los componentes del muro. La solución a este problema, causado por entradas de pequeña magnitud (poros o pequeñas fisuras que generalmente se deben a defectos de diseño o fallas en la construcción), es aplicar sucesivas capas de revoques impermeables en la cara interior del muro, con productos para obturar fisuras que filtran agua a contrapresión (morteros ultrarrápidos con el agregado de plastificantes, a los que se les agrega agua y se alisan en capas muy finas cuando comienzan a reaccionar despidiendo calor en su masa).
- Cuando las entradas de agua son importantes, producto de una fuerte presión exterior (ascenso de napas freáticas, pérdidas de cañerías maestras en el exterior,

etc.) combinado con graves defectos de diseño o fallas en la construcción del muro, donde se manifiesta en forma de chorros o chorreaduras de agua, estamos en presencia de filtraciones. La solución a las filtraciones es taponarlas desde el interior del sótano con productos químicos (se amasan en forma de bollo, cementos ultrarrápidos con agua, los que se aplican sobre el agujero, presionando en el momento de detectar calor en su masa). Al detectar la presencia de agua, se convierten en expansivos, sellando u obturando el agujero. Luego de unos instantes, y al disminuir la presión, se retira el sobrante y se alisa con espátula. Otra posibilidad es la de inyectar desde la cara interior del muro productos cementíceos o químicos, a base de perforaciones donde se alojan estos productos a altas presiones, los que actúan como una masa impermeable, adherente y elástica que impide el ingreso de agua.

- Cuando existe la posibilidad de acceder a la cara exterior del muro, por existir terreno libre perimetral, y en casos de entradas de agua muy importantes, lo ideal es cavar una zanja perimetral que permita revocar con morteros impermeables la cara exterior del mismo, construyendo luego un dren en la base del muro que recoja el agua antes de que haga contacto y que la conduzca a un pozo de bombeo para luego evacuarla fuera de la edificación.

### Humedades en cubiertas

Son las más conocidas y se producen en cubiertas planas con o sin terrazas, por un deterioro de la lámina impermeabilizante o una insuficiente evacuación de aguas lluvias debido a pendientes mal planificadas o sumideros de un caudal inferior al necesario. Igualmente en cubiertas inclinadas donde la pérdida de estanqueidad de la cubierta, supone el paso del agua de lluvia a través de los elementos constituyentes de la misma; cuando se produce este hecho, es debido a la pérdida de requisitos funcionales de

algún elemento constituyente del faldón de cubierta, sitio en el cual se originan buena parte de las humedades (Figura 4.10).

En las cubiertas planas la estanqueidad se basa en una membrana impermeable que resiste por sí misma la filtración de agua y que permite su permanencia en la cubierta hasta que vaya drenando por los sumideros. La filtración del agua se produce por una o varias de las siguientes causas, siempre y cuando existan fisuras, poros y/o brechas:

- Por gravedad
- Por presión hidrostática
- Por la presión del viento
- Por la energía cinética de la caída del agua
- Por capilaridad

Con el fin de asegurar la impermeabilidad y el drenaje de la cubierta, deben tenerse en cuenta ciertos aspectos conflictivos:

- Continuidad de la membrana impermeable por solape y soldadura adecuados, una solución para las juntas podría ser: introducir un perfil de espuma de polietileno como fondo de junta, sellarla con masilla tixotrópica y colocando una banda de lámina polimérica adherida a los labios de la junta formando bucle, con una anchura de unos 25 centímetros, así como una selección correcta del tipo de membrana en función del clima y del nivel de exposición.
- Independencia del tablero soporte de la membrana de la estructura y de los petos de la edificación, con objeto de evitar esfuerzos de tracción. La impermeabilización horizontal debe ser independiente de la de los petos, protegiendo además esta discontinuidad mediante una zabaleta o mimbel perimetral; este solape deberá ser mayor de 15 centímetros. Se deben introducir juntas de dilatación tanto en el tablero soporte como en la membrana impermeable, en función del material utilizado y del clima del lugar.
- Protección adecuada de la membrana impermeable, tanto ante la acción de la intemperie como a la de su uso. No es

adecuado el uso de grava como relleno en cubiertas transitables, ya que pueden causar punzonamientos en la membrana impermeable; también hay que tener en cuenta el tránsito de personas en las cubiertas no transitables para funciones de mantenimiento, por lo que sería recomendable el uso de baldosas especiales que no dañen la membrana impermeable. Solución adecuada de sumideros y un número suficiente de los mismos para asegurar un drenaje fácil. Los sumideros deben llevar piezas de protección para evitar que se obturen y es conveniente revisar la embocadura de los desagües después de que el operario suelde la lámina impermeable, sobre todo si es de plástico el desague, así como la unión de la embocadura del desague con el resto de la instalación.

- Hay que tener precaución con los posibles anclajes que se puedan producir en la cubierta, ya que pueden producir perforaciones en la lámina impermeable, para lo que se deben proteger estos anclajes con un material impermeable flexible y compatible con el material de la lámina horizontal. Un especial cuidado requieren los anclajes de los tensores de las antenas de televisión, que provocan esfuerzos de tracción, factor que se puede solucionar colocándolos en dados de hormigón superpuestos al pavimento.

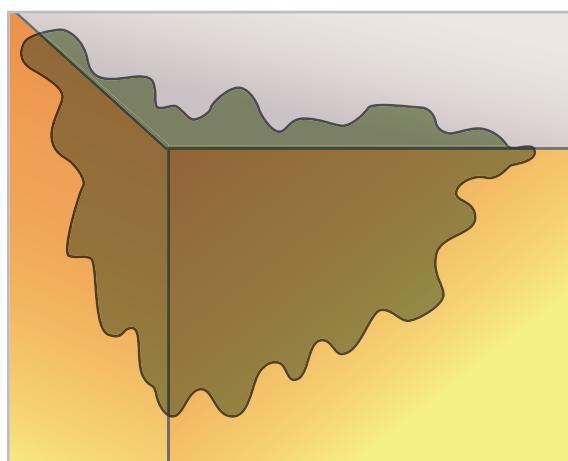


Figura 4.10 Manchas por humedad

- Todos estos elementos deben revisarse y limpiarse periódicamente para asegurar su estanqueidad.

La localización del punto por donde se filtra el agua puede ser una tarea bastante compleja o muy simple, pues en muchas ocasiones la propia situación de las manchas de humedad en los paramentos o en el cielo raso, o la existencia de goteras puede indicar con bastante aproximación la parte de la cubierta en donde se encuentra la falla. Es fácil detectarlas en las cubiertas de láminas de acero, zinc, fibrocemento, tejas o similares; tanto filtraciones como humedad suelen hacerse patentes debajo de donde se presenta o cercana del lugar donde se originaron. Pero en la terraza puede ocurrir que el agua infiltrada deba atravesar diferentes capas de distintos materiales: capa de mortero, concreto de pendiente, capa de aislamiento, varillas de acero, cielo raso, etc., y durante este recorrido cambiar de dirección según los intersticios que vaya encontrando en su camino.

La filtración de agua a través de la cubierta se traduce en la aparición de manchas, llegando a convertirse en goteras en el caso de saturación del material, o el paso libre del agua a través de las capas de cubrimiento. Se pueden producir manchas por alteración del material o por depósito de material disuelto en el agua. Suele ser consecuencia de una lesión o fallo previos, como por ejemplo, fisuras o grietas en la cubierta, humedades, discontinuidades en el paño de cubierta por mala solución de encuentros, etc.

**a. En cubiertas planas.** En las cubiertas planas (menos de 3% de pendiente) su principal falla reside en que el material impermeabilizante es visible, a manera de capa de acabado, por la aplicación de productos autoprotegidos, sean cerámicos, cemento, acero, zinc, pinturas, etc. Pero estos materiales son vulnerables a la acción agresiva ambiental, lo que obliga a corregir la protección superficial de la capa impermeable en caso de daños físicos.

Dependiendo del origen del problema en el caso de una terraza tras verificar el estado del sumidero es aconsejable abrir la zona donde aparece la humedad descubriendo la lámina impermeabilizante y tratar de encontrar el origen de la entrada. En muchos casos es aconsejable restaurar la cubierta cambiando completamente la lámina impermeabilizante.

El mantenimiento preventivo es una tarea de gran importancia para conseguir la longevidad de todos los elementos que forman una barrera impermeabilizante. La eficacia de una impermeabilización, dependiendo del sistema empleado, oscila de los 10 a los 30 años, y en ocasiones bastante más, considerando factores que afectan directamente como:

- Una climatología estable, sin grandes diferencias entre valores mínimos y máximos, y a la vez un clima templado.
- El tránsito y el uso que se genera sobre dicha cubierta.
- La propia estructura de la edificación: a más dilataciones y contracciones el riesgo de filtraciones aumenta.
- Un buen mantenimiento preventivo; como se decía anteriormente, con él se puede prolongar la vida de la cubierta.

Es importante mantener las terrazas perfectamente limpias, libres de residuos que pudieran bloquear salidas de agua, así como mantener los sumideros con sifones en buen estado limpiando su interior; también es importante mantener en buen estado las juntas de dilatación, evitando que el material flexible acabe desapareciendo, lo que afectaría la lámina interior. También es necesario mantener perfectamente llenas las juntas de mortero en las piezas de suelo que forman las terrazas.

En cualquier caso, la sucesión de capas que debe atravesar el agua infiltrada dará ocasión a que pueda variar el rumbo de su penetración. A pesar de ello, en las terrazas existen siempre una serie de puntos vulnerables que suelen ser causa de conflicto. Cuando se han detectado zonas húmedas

en el cielo raso o en las últimas plantas y áticos de una edificación, las primeras sospechas deberán centrarse en los puntos donde ha sido intervenida la losa: las juntas de embaldosados y de dilatación, las entregas a los muros perimetrales, las aberturas para los desagües, las conexiones de cuerpos salientes y los puntos de anclaje de cualquier elemento superpuesto (Figuras 4.11 y 4.12).

**b. En cubiertas inclinadas.** En las cubiertas inclinadas fallan aquellos puntos donde se rompe la continuidad de las canalizaciones, permitiendo que el agua interrumpa su curso para deslizarse bajo la estructura que la soporta. Las causas pueden ser: la rotura o el desplazamiento de una o varias láminas o tejas; defectuoso traslapo de algunas

piezas de la cubierta; montaje incorrecto de la cumbre, limatesas, limahoyas o de las botaguas; óxido en la cumbre, limatesas, limahoyas o de las botaguas; la inexistencia de medidas de impermeabilización, o la insuficiencia de las mismas (Figura 4.13).

Verificadas estas fallas se deben reparar mediante: sustitución de las piezas rotas o agrietadas; parchar las pequeñas roturas con material de “tapagotoras” con base en solución epóxica o asfáltica; colocar correctamente las piezas que estén desplazadas o con traslapo defectuoso; y asegurar esta posición por medio de fijaciones; cambio de cubierta o accesorios oxidados; y comprobar el estado de los materiales impermeables, bajo cubierta, si los hubiere.

A continuación se exponen las siguientes situaciones:

- **Limatesas, limahoyas y cumbre.** Cuando la falta de estanqueidad se produce en la cumbre o limatesas, se deberá levantar las piezas que la conforman y colocar una membrana impermeabilizante, cartón embreado o chapa, con forma de V invertida, constituyendo una nueva cumbre que vote el agua sobre las piezas inferiores, y reposicionar las piezas de acabado. Si la falta de estanqueidad se produce en la limahoya, deberá repararse, previa levantada de las piezas que vierten a ella, colocando una nueva limahoya, con los solapes y pendientes adecuados. El sistema más usual es la colocación de una chapa de acero galvanizado, plomo.... en forma de V, que permita la evacuación rápida del agua a ellas vertido.

- **Solape insuficiente o rotura de piezas.** Cuando el solape de las piezas que conforman el cubrimiento no es suficiente para la pendiente del faldón, la reparación se hace colocando tejas en toda su extensión o bien en aquellas zonas que no tengan el solape adecuado o tengan partes rotas y sobre éste asentar las nuevas piezas. Una segunda alternativa consiste en colocar un cartón embreado que se adapta

Unión plástica con protección de la junta de dilatación

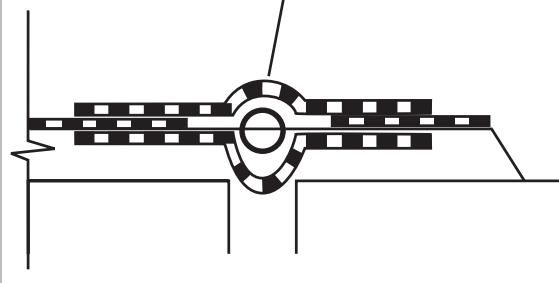


Figura 4.11 Junta de dilatación

Protección contra el deterioro mecánico y atmosférico

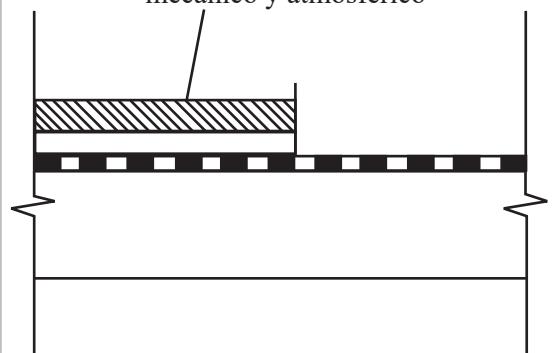


Figura 4.12 Elemento de protección

- al perfil de los elementos de cobertura. El solape deberá garantizarse no sólo entre las piezas de cobertura sino también en el encuentro entre éstas y elementos singulares como paramentos verticales, encuentro con la canal, formación de limateas, limahoyas, cumbreña, etc.
- **Encuentros con paramentos verticales.** Habrá que reponer el babero de encuentro destinado a recoger y canalizar el agua, debiendo asegurar el solape con las piezas de cobertura y con el elemento vertical, así como la fijación mecánica al mismo, bien por entrega en roza o mediante perfil atornillado.

Los baberos se realizan con chapas metálicas o láminas asfálticas auto-protectoras. Tradicionalmente eran de plomo, cuya buena maleabilidad permitía su adaptación a los elementos del encuentro.

#### Reparación de los efectos

En casi todas las causas de humedad originadas por efecto de la filtración la anulación del efecto se dará con la actuación de reposición o sellado del área tratada.

#### Recomendaciones

Acorde con las características del muro y la cubierta se debe realizar la intervención; a continuación se diferencian algunas situaciones:

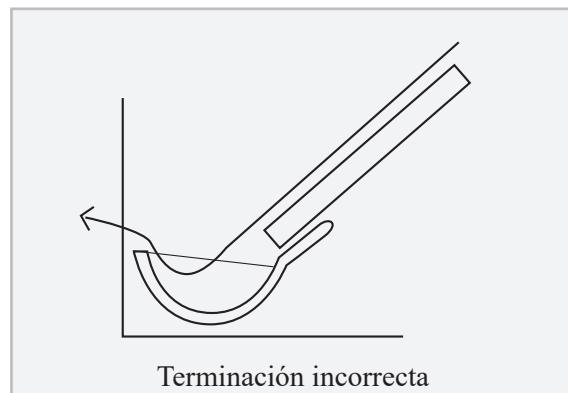
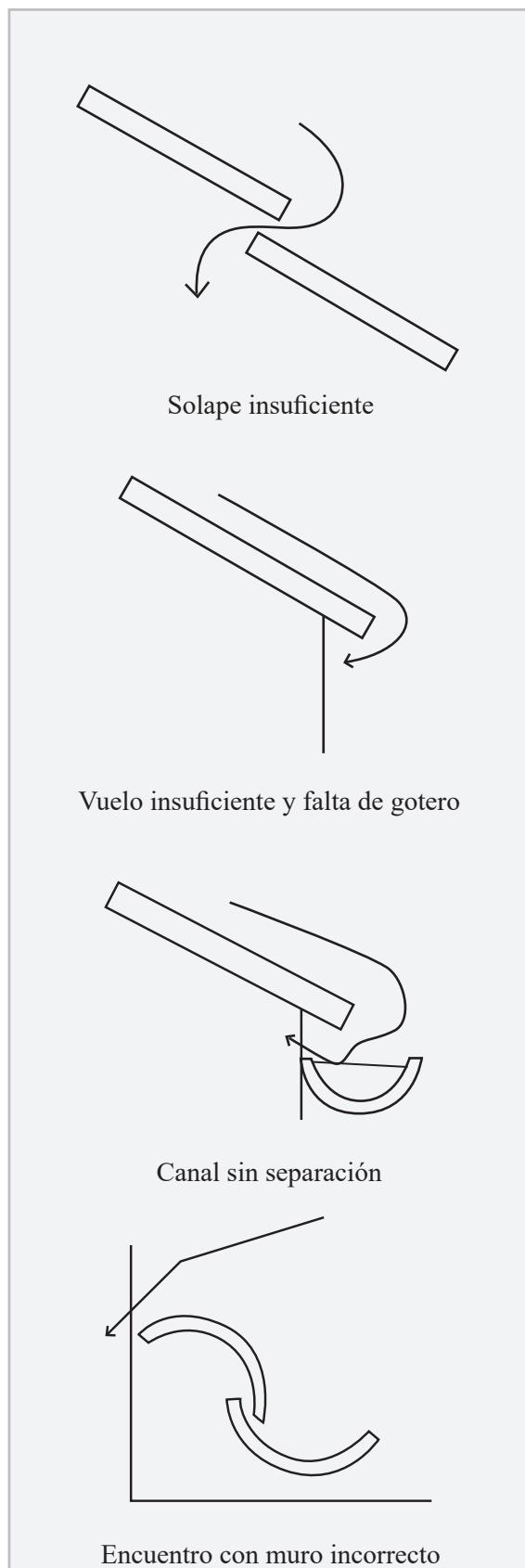
#### Fachadas

Si se tienen muros huecos (dobles) estos ofrecen una mejor protección contra la humedad. El agua de lluvia atraviesa el paramento exterior y recae en la cámara interior, donde es evacuada por el babero de plomo y las juntas montantes dejadas abiertas. El paramento interno permanece completamente seco.

Para aislar un muro hueco y evitar la condensación llene la cámara sólo de forma parcial, con el fin de que quede bastante espacio para la evacuación del agua. Las capas de poliestireno no absorben el agua. Trate el paramento exterior contra las infiltraciones preferentemente con un revestimiento.

Las juntas siguen siendo el punto débil de los muros de mampostería ya sean huecos o no. Después de algún tiempo, se hielan, se desmoronan y no oponen resistencia



**Figura 4.13 Filtraciones**

al agua. Quite el mortero viejo hasta 15 mm de profundidad con un martillo y un cincel o con la ayuda de un rascador.

Limpie las juntas y humedézcalas. Prepare un nuevo mortero con una parte de cemento por tres de arena fina. Coloque este mortero sobre una llana e introduzcalo con un palustre. Para el acabado de la juntas, utilice por ejemplo un recorte de tubería del mismo ancho.

Un muro macizo puede recubrirse por fuera con unas angarillas de perfiles PVC o de placas de madera fijada sobre un armazón de madera. Coloque un aislante anticondensación entre la pared y las angarillas del lado de pared. Deje espacio suficiente para la ventilación.

Antes del comienzo del invierno, desconecte las mangueras del jardín de los grifos y corte el suministro de agua de todos los grifos. Reemplace la masilla dañada alrededor de puertas y ventanas.

Rellene cualquier lugar bajo cercano a la edificación de modo que el desagüe se produzca lejos de los cimientos.

Durante el proceso de construcción es de vital importancia realizar el montaje de un sistema de barrera y drenaje antihumedad, aun no existiendo evidencias de posibles futuras patologías.

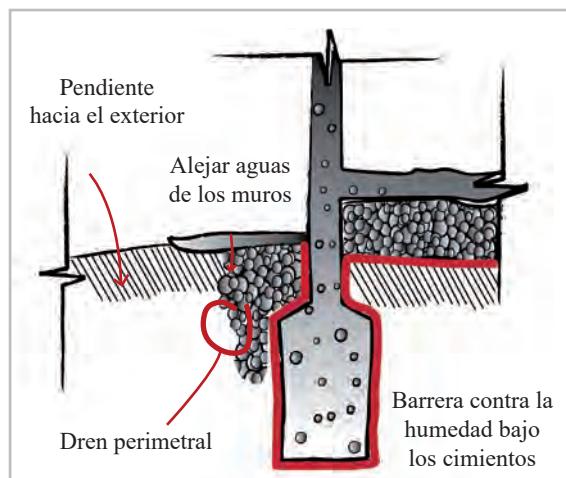
#### Muros de sótanos

Si es la primera vez que se presentan problemas de humedad en el sótano, lo primero que se debe controlar es el agua de superfi-

cie que se esté escurriendo cerca de los cimientos de la edificación. La aparición de humedad sólo en la pared exterior de los cimientos es un indicador de problemas con el agua de superficie (Figura 4.14).

A continuación sugerencias para solucionar algunos de estos problemas:

- ¿Hay áreas enlosadas cerca de la edificación con una pendiente hacia la misma? A menudo las áreas enlosadas se asientan con el tiempo y el flujo de agua puede cambiar de dirección y moverse hacia la edificación. De ser así, debe retirarse el enlosado y se debe colocar otro que tenga una pendiente que se aleje de ésta.
  - En las áreas enlosadas que rodean la edificación ¿hay un sellador en las juntas de las intersecciones del muro y el enlosado? Y de ser ese el caso ¿se ven fisuras? Los selladores a veces sufren fisuras con el tiempo debido a la antigüedad o a una instalación incorrecta. Si el sellador tuviera fisuras, debe retirarse y reemplazarse con un nuevo sellador.
  - ¿El terreno alrededor de la edificación tiene una pendiente hacia afuera de al menos 30 cm? Trate de detectar todas las depresiones en el terreno, cercanas a las paredes de los cimientos de ésta. En el caso de encontrar alguna, llénela de tierra para que el agua drene lejos de la edificación. Utilice una tierra arcillosa que se libere del agua en lugar de una tierra arenosa que permita que el agua se infiltre en el suelo. Si no es posible hacer esto, significaría que la edificación ha sido construida demasiado abajo y corregir eso puede ser muy costoso, prácticamente imposible.
  - ¿Hay elevaciones con pendiente hacia la edificación que pudieran ser la fuente del agua? De ser este el caso, necesitará consultar a un profesional de la ingeniería para que analice la situación y determine las soluciones apropiadas.
  - ¿Hay algún sistema de irrigación para césped o arbustos que esté descargando demasiada agua cerca de la edificación? Evite la colocación de sistemas de irriga-
- ción para el jardín cerca de la edificación. Si esto no pudiera evitarse, pídale al instalador que limite la cantidad de agua dispersada en las zonas cercanas a ésta. Asegúrese de que el sistema de irrigación incluya un detector de humedad de manera que el sistema no se encienda cuando haya llovido mucho y las plantas y el césped estén húmedos.
- Si el agua que baja de la cubierta drena cerca de los cimientos, puede afectar negativamente los problemas de presión hidrostática, especialmente si los adoquines están bloqueados o tienen fugas. Esto puede ocurrir con el tiempo debido a movimientos del suelo o daños causados por las raíces de los árboles. Si los bajantes drenan sobre el sistema de adoquines de la base, los bajantes deberían ser modificados para que drenen sobre el suelo y descarguen al menos a 30 cm de la edificación. El adoquín vertical debe estar tapado con una tapa preformada o con cemento.
  - ¿Los bajantes drenan en el sistema de adoquines sobre la base? En la primera mitad del siglo xx era muy común que los bajantes drenaran en el sistema de adoquines sobre la base que rodeaba la edificación. Se instalaban adoquines verticales desde el sistema de adoqui-



**Figura 4.14 Sistemas de protección y evacuación**

nes en cada ubicación de los bajantes y el mismo era insertado en el extremo abierto del adoquín. A menudo, los espacios alrededor del bajante eran rellenados con cemento.

- El agua que rebasa los desagües corre a lo largo de los cimientos de la edificación. Incluso si el agua no está ingresando al sótano, puede estar causando problemas inadvertidos como la erosión del suelo de abajo del asiento de ésta, lo que puede causar grietas en muros y cubiertas.

### Cubiertas

¿Cómo prevenir las filtraciones? En primer lugar, diseñando pendientes de cubiertas adecuadas al volumen de agua lluvia. Hay que considerar los milímetros que caen por hora y no los milímetros que caen por año. También hay que procurar estanqueidad de perfiles de ventanas y puertas a la lluvia con viento. El diseño de pendientes mayores para tejados que para cubiertas que son planas.

Para prevenir que el agua penetre a través de la cubierta se recomienda:

- Mantener la cubierta sin hojas, ramas u otras basuras para permitir un correcto desagüe.
- Verificar que el aire circule libremente en todos los cielos rasos y ventilaciones de cubierta. Así se reduce la acumulación de calor y humedad y se extiende la vida útil del techo.
- Consultar con un profesional sobre el uso de conservantes o limpiadores (según el tipo de cubierta que tenga) para limitar los efectos propios de la humedad por la exposición a la intemperie y retrasar la aparición de moho y musgos.
- Mantener los árboles podados para impedir que rocen contra la cubierta o que den demasiada sombra. Dependiendo de la presencia de árboles en los alrededores, la limpieza de los desagües puede ser necesaria varias veces al año. Hay productos disponibles para evitar que las hojas se junten en los desagües.
- Reemplazar las tejas faltantes, ahuecadas, dobladas, rotas o resquebrajadas.
- Controlar que no haya daños en las ondulaciones de cubierta y alrededor de los tapajuntas en chimeneas, conductos de ventilación y otras uniones.
- Revisar el ático alrededor de las salidas de humo, los conductos de ventilación y las chimeneas en busca de goteras en la cubierta, sobre todo si nota manchas de agua en el cielo raso.
- Retirar los desechos de los canales y tubos de bajantes, y revisarlos con regularidad. Considere instalar cubiertas para canales en caso de que se llenen de desechos frecuentemente.
- Revisar el caballete, las limatesas y las limahoyas.
- Revisar los aleros laterales, que las tejas de cubiertas estén sobre los tapacanes o que existan forros de hojalatería en caso de protección.
- Revisar la terminación superior de la cubierta, especialmente si existen tapas en los aleros.
- Revisar los aleros laterales, que las losas de cubiertas estén sobre los tapacanes o que existan forros de hojalata en caso de protección.
- Revisar y limpiar los forros del frontón y tapatechos laterales.
- Revisar y parchar la existencia de fisuras o grietas en los pliegues de los encuentros muro losa.
- Revisar y limpiar las membranas impermeables, verificando la inexistencia de ampollas. En caso de existir, reventar y llenar con brea u otro material recomendado por el fabricante.
- Revisar y parchar la existencia de fisuras o grietas. En baldosas revisar las llagas y su fragüe.
- ¿Se están desbordando los desagües porque están bloqueados con hojas? La limpieza de los desagües para mantenerlos libres de desechos debe ser una parte importante de la rutina de mantenimiento de cualquier propietario.
- Colocar bloques antisalpicaduras en los

extremos de las bajantes de agua para llevar el agua lejos de los cimientos, o si fuera necesario, agregue un bajante de agua más largo. Los tubos de bajantes deben extenderse al menos 10 pies o 30,5 cm, que es la distancia mínima necesaria para descargar el agua que viene de la cubierta lo suficientemente lejos de la edificación.

- ¿Los desagües están desbordados porque no hay suficientes bajantes en la edificación? Si no le importa mojarse, usted mismo puede realizar un control (los desagües deben limpiarse primero). Al menos 15 minutos después de una lluvia torrencial, verifique sus desagües. Si ve que el agua rebasa el desague, tiene un problema. El agua que rebasa los desagües corre a lo largo de los cimientos de ésta. Incluso si el agua no está ingresando al sótano, puede estar causando problemas inadvertidos como la erosión del suelo de abajo del asiento de la edificación, lo que puede causar grietas en paredes y techos.
- La solución más sencilla para los desagües desbordados es agregar otro bajante en ese sector del desague o aumentar el tamaño de éste. La mejor solución entre estas dos probablemente es agregar un segundo bajante, ya que éste puede actuar como un bajante de apoyo en caso de que el otro quede bloqueado.
- Sin embargo, si usted decide remplazar el bajante existente por uno de mayor tamaño, asegúrese de que se aumente el tamaño del orificio correspondiente en el desague. No tiene mucho sentido instalar un bajante mayor si el orificio del desague es pequeño.

#### HUMEDAD CAPILAR

La humedad por capilaridad es uno de los problemas que aparecen en todo tipo de edificaciones; se encuentran prácticamente en todas, ya sean éstas antiguas o en las de reciente construcción. La humedad por capilaridad es producto de la diferencia en

volumen del agua contenida en un material en relación con la cantidad que tendría de ascensión del agua y se transmite a través de los materiales de estructura porosa y tubular que por efecto de la tensión superficial permite su circulación a través de sus conductos capilares (Figuras 4.15 y 4.16).

La capilaridad es la propiedad que tienen los fluidos de alcanzar alturas variables cuando se sitúan en el interior de tubos de pequeño diámetro o capilares. El agua sube del suelo a través de los materiales porosos (ladrillos, morteros y juntas). Esta agua atraviesa los cimientos, sube por los muros y causa el desprendimiento del revestimiento a nivel de los zócalos y de la parte inferior de éstos.

Tener ascensos capilares en los muros provoca un desgaste acelerado de los materiales de construcción y de las juntas. Éstos se originan en un foco húmedo y pueden proceder de una filtración anterior. Su extensión y trayectoria dependen de la capilaridad de los materiales que atraviesan, de la cantidad de agua que puede admitir la superficie expuesta y de la posibilidad que tenga de secarse desde el interior.

Así, la velocidad de absorción de agua por los capilares es directamente proporcional al diámetro de los mismos e inversamente proporcional a la ascensión por ellos, tal como se muestra en el Cuadro 4.1. Cuando el diámetro capilar está por debajo de las 0,01 mm, la ascensión es casi nula lo que se lograría empleando un concreto con una relación agua/cemento de 0,5.

La presencia de sales favorece el proceso patológico, ya que éstas penetran en los poros y oquedades del concreto en el ciclo ascenso y descenso de las aguas, cristalizando y produciendo tensiones que acaban por disgregar el muro. Este tipo de humedades se caracterizan por aparecer en franjas horizontales continuas en la parte inferior de los muros, acentuándose en las zonas medias.

El agua de la superficie es retenida en la proximidad de contactos entre las partes que conforman su estructura molecular. Es posible que el agua pueda penetrar en el interior

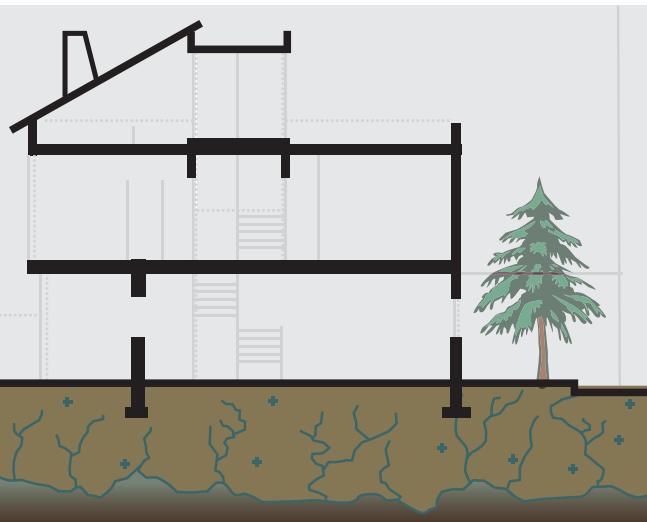


Figura 4.15 Nivel freático

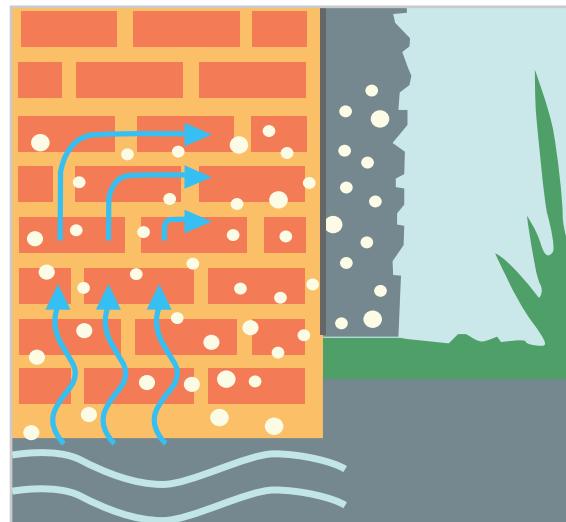


Figura 4.16 Ascensión capilar

(pasar de A a B y a C) resbalando sobre la superficie de las partes o por sucesivos estados húmedos y secos. La extensión y trayectoria de la lesión no es tan arbitraria como aparenta, sino que guarda relación con la porosidad de los elementos constructivos; el volumen de agua que asciende por capilaridad dependerá de la estructura celular del material, que puede ser abierta (capilares), cerrada (burbujas) o mixta, siendo la primera la más desfavorable. El agua asciende hasta que el incremento de peso de las microcolumnas es capaz de contrarrestar la resultante activa de las fuerzas intersticiales; así, para 1 mm de diámetro el agua sube 15 mm. Para 0,001 mm de diámetro el agua sube 1,5 m. Para 0,0001 mm de diámetro el agua sube 15 m.

#### Evidencias

Son las que aparecen en las zonas bajas

de las edificaciones (sótanos, muros de contención...) que absorben el agua del terreno a través de la cimentación o de las posibles fugas que se presentan en las instalaciones húmedas que se encuentren próximas a éstas. Las humedades de remonte capilar pueden ser permanentes cuando el nivel freático del terreno está muy alto, o pueden ser temporales o estacionales cuando están relacionadas con condiciones meteorológicas (suelen aparecer en invierno y secarse en verano).

Para diagnosticar humedades de capilaridad se realizan ensayos que permitan su identificación mediante instrumentos. Uno de los mejores aliados es el humidímetro. Con él se puede medir la humedad de un elemento constructivo en profundidad y en superficie (Diagrama 4.2).

Las pruebas que se pueden realizar serían las siguientes:

Cuadro 4.1 Diámetro del capilar - Proceso de aparición de la humedad

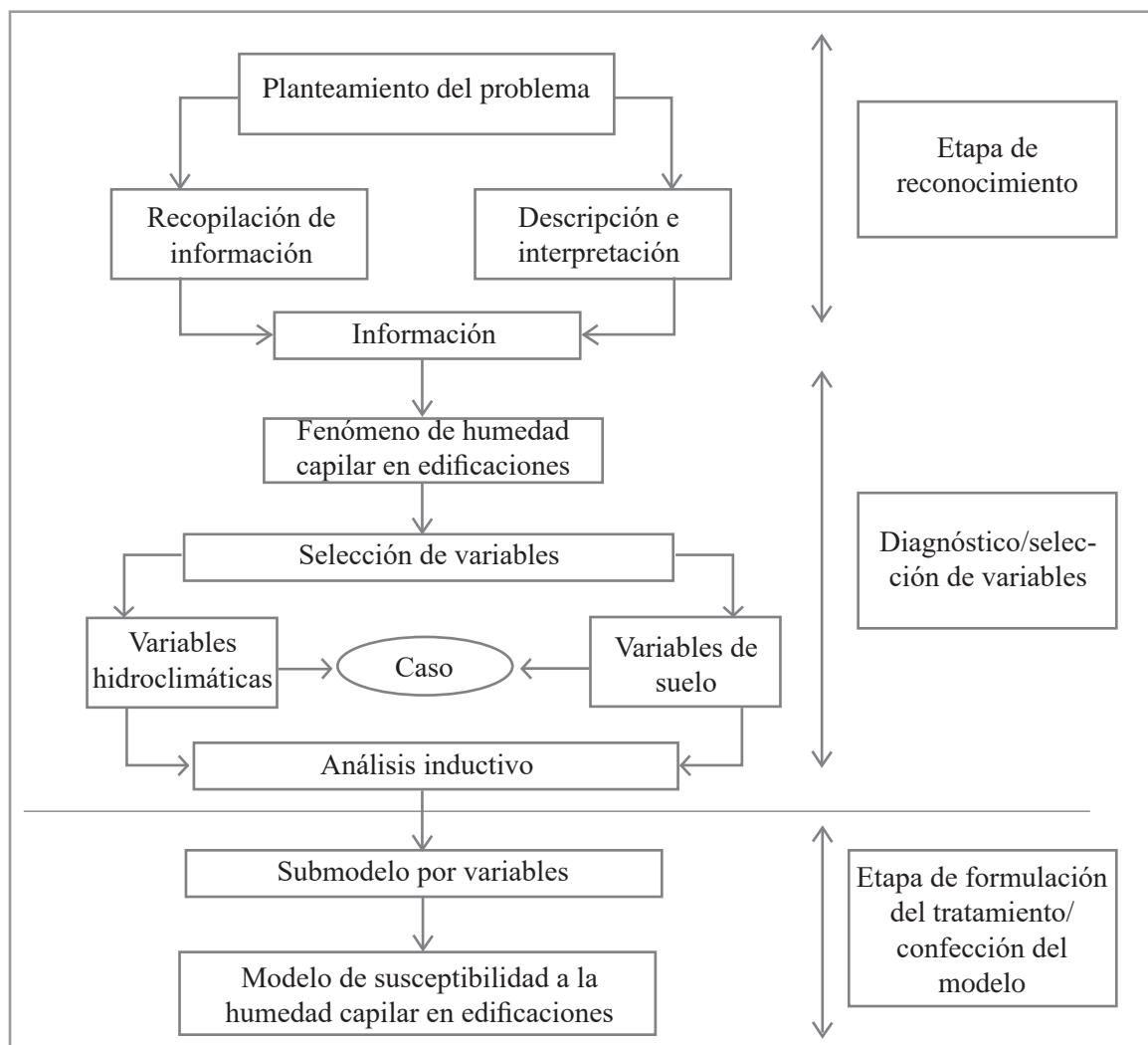
Diámetro del capilar (mm)	Distancia del recorrido del agua	Aparición de humedades según el tiempo de proceso
1	15 mm	Proceso rápido
0,001	1,5 m	Proceso relativamente lento
0,0001	15 m	Proceso lento

- A distintas alturas tomar varias medidas de la humedad superficial; si la humedad decreciera con la altura, se estaría ante un hecho sintomático de la humedad capilar. De lo contrario este hecho sería poco probable.
- A una altura determinada dentro de la franja húmeda, tomar al menos una medida superficial y una en profundidad que alcance, como mínimo, el eje del elemento constructivo. Si la humedad se mantiene más o menos constante en todo su espesor y/o aumenta levemente en la parte central y/o disminuye ligeramente en la cara más ventilada, se es-

tará, de nuevo, ante síntomas evidentes de humedad capilar. Si por el contrario la humedad disminuyese profusamente con el espesor, se debería descartar esta posibilidad.

- Si existieran dudas sobre la fiabilidad de los ensayos convendría tomar muestras por separado de material, en aquellos puntos donde se ha realizado lectura con el humidímetro y llevar éstas al laboratorio para realizar ensayos del contenido de humedad, con los que se podría concluir con un grado mayor de fiabilidad. Si los datos siguen sin ser claros, sería conveniente obtener el contenido de sa-

**Diagrama 4.2 Modelo para el análisis de humedad capilar**



les de varios de los materiales que componen el elemento afectado.

Si el resultado obtenido es ciertamente elevado en todos los casos, será probable que el agua que produce la patología provenga del suelo o del subsuelo.

Con estos datos se puede concluir si la humedad ante la que se encuentra es de capilaridad. Si el reconocimiento de la patología está enfocado a una futura reparación de la misma, como suele ser el caso, convendría dar un paso más y analizar de qué tipo de humedad de capilaridad se trata, de manera que se pueda garantizar una intervención fructífera de el/los elemento/s dañado/s.

Cuando la humedad asciende por los muros, a través de capilares que son de muy escaso diámetro, alcanzando diferentes alturas, se manifiesta generalmente como una franja oscurecida y/o acompañada de un borde superior de polvo blanquecino (eflorescencias), a veces existe abultamiento y disgregación del material, cuando aparecen estas lesiones se está en presencia de humedad por capilaridad. Se diferencia del resto de las humedades, por manifestarse en una sola franja y no en forma discontinua. En cuanto al aspecto coincide con humedades producidas por otras fuentes como rotura de tuberías o humedades en sótanos, pero

el análisis minucioso de la trayectoria o desarrollo es lo que permite identificarla con exactitud.

Es difícil encontrarla en un solo sector o en manchones separados, el borde suele ser irregular, de ancho constante en planos grandes pero que disminuye su altura al acercarse a aberturas o vanos. La altura de esta franja es variable llegando a los 2,5 m o 3 m en muros de gran espesor, aunque lo más común es a unos 30 cm del zócalo. En proximidad de escaleras o rampas acompaña siempre su pendiente. Estas características lo diferencian de toda otra causa de humedad.

En el arranque de los muros desde el terreno, la humedad asciende por el interior del espesor del cerramiento o por su exterior, produciéndose en el segundo caso un fenómeno capilar superficial, que puede incluso limitarse al acabado exterior. Este tipo de humedad puede manifestarse también por la aparición de manchas salinas en la superficie de evaporación o por el desprendimiento de los revestimientos, formando una especie de barba florida en la línea de culminación de la altura capilar. La aparición de una banda oscurecida en las zonas bajas de la edificación suele ser el primer síntoma que delata la existencia de este tipo de humedades. Sin embargo, hay ocasiones en que la sintomatología no es tan clara.

Los revestimientos de los muros y de la zona baja de los muros pueden degradarse y llegar a desmoronarse como consecuencia de la acción eflorescente de las sales cristalizadas y vehiculadas por el agua capilar, sin que haya aparecido hasta ese momento mancha alguna que la delate. La altura capilar es mayor y más intensa en las fachadas orientadas al norte.

En los elementos constructivos de poco espesor, el contenido de humedad es uniforme en toda su anchura, mientras que en elementos más gruesos se incrementa ligeramente hacia su mitad, como consecuencia de la menor evaporación existente. En los paños ciegos, el volumen de humedad suele ser constante en la parte central, mientras que decrece en las proximidades de las es-

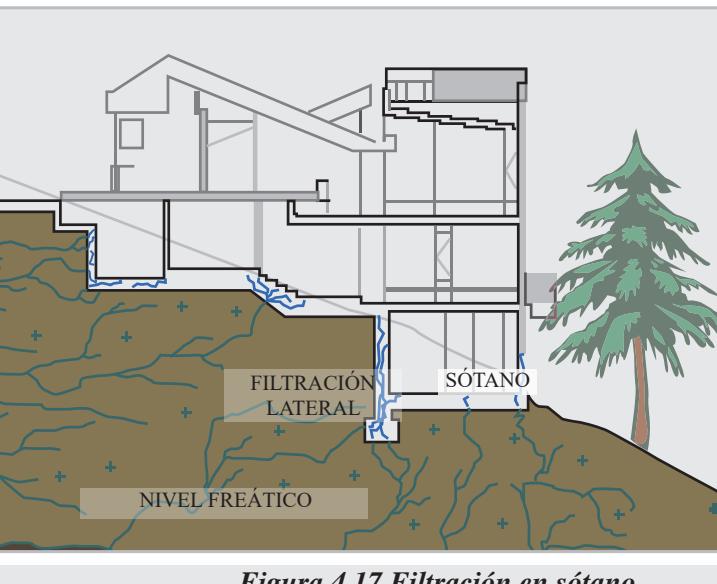
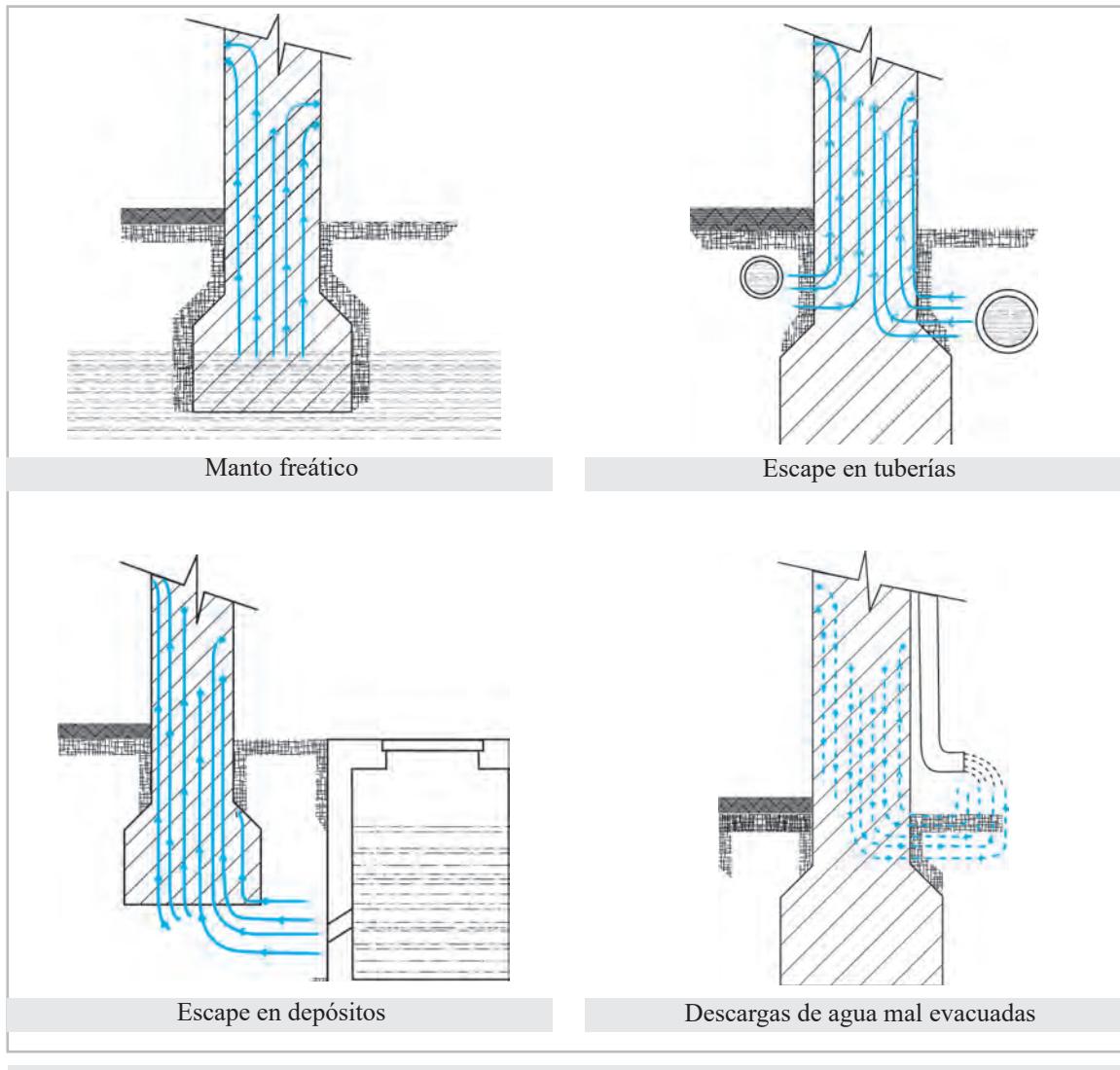


Figura 4.17 Filtración en sótano

*Figura 4.18 Fuentes de humedad capilar*

quinas. Esta peculiar distribución sirve para distinguir las humedades de capilaridad de las de condensación, cuyo contenido decrece rápidamente hacia el exterior. En edificaciones antiguas, es común que con el tiempo se haya modificado por lavado la estructura capilar de los morteros, que se manifestarán especialmente sensibles a la ascensión de este tipo de humedad.

Las causas de la humedad por capilaridad pueden ser muy variadas (Figura 4.18) y su gravedad está asociada y depende de varios factores, como:

- La cantidad de agua contenida en el subsuelo por efecto del nivel freático.

- El encontrarse la cimentación y el muro de contención por debajo del estrato impermeable.
- La saturación del terreno por agua de lluvia que no tiene cómo evacuar.
- La rotura de tuberías de las instalaciones de agua potable o de saneamiento.

Una característica de este tipo de humedad es su aparición en la parte baja de los muros. Empiezan a aparecer una o más manchas en ellos, que parten del suelo, y aparecen en la planta baja. El establecimiento de una línea de coronación de la ascensión capilar, marcada unos 60 o 70 cm del suelo

producto del apuramiento de los revestimientos y pinturas, debido al ataque de las sales que el agua ascendente transporta en cabeza, no es sino una situación de equilibrio en la que participan como variables, la tensión superficial (acción capilar), la acción gravitatoria (peso de la columna), presión del flujo (en el pie y en razón de la estructura del muro) y la superficie de evaporación.

Su capacidad de ascensión depende del material, de la evaporación y la humedad del mismo espacio y es frecuente que las manchas de humedad presenten un embombamiento de la pintura y también desmoronamiento del repello o revoque. La tercera y odiosa humedad por capilaridad repele la pintura (si la limpian y pintan, con el tiempo vuelven a aparecer las manchas) y con el tiempo acaba degradando el acabado.

Los daños producidos por la humedad en los muros pueden ser de distinto tipo y magnitud, pudiendo afectar la estética, con manchas y desconchones; la estabilidad, por la pérdida de masa, o la salubridad, por la aparición de mohos y hongos.

### **Humedad del suelo**

Si no se encuentran fuentes de agua de superficie, como el agua producto de lluvia o de riego o de aseo o limpieza, entonces la fuente del agua probablemente sea subterránea, en la subsuperficie debajo de la presión hidrostática. Desafortunadamente, los problemas con el agua subterránea de la subsuperficie son más difíciles y costosos de reparar que los problemas de agua subterránea de superficie.

Cuando los niveles de agua subterránea fuera del sótano se elevan por encima del nivel del suelo, el sótano actúa como un bote en un estanque; si el bote está apoyado en el agua, el agua se filtrará por cualquier fisura, grieta u orificio. En el caso de los sótanos, el funcionamiento es el mismo. La presión hidrostática puede empujar el agua a través de fisuras extremadamente delgadas; indicio de esto es el agua que sale por fisuras en el piso de cemento u otro material del sótano o surge en múltiples puntos.

Si es una edificación antigua dentro del casco urbano y ésta posee un sótano sin bomba colectora, es probable que el sistema de drenaje del perímetro de los cimientos se conecte directamente al sistema de alcantarillado para aguas lluvias o pluviales de la ciudad. Si el sótano estuviera por debajo del nivel de la calle, existe la posibilidad de que el agua lluvia atasque el sistema de alcantarillado para aguas pluviales y que ésta sea empujada hacia el sistema de drenaje del perímetro de los cimientos. Esto puede saturar el suelo que rodea la edificación al nivel del sótano con aguas lluvias debajo de la presión hidrostática, causando filtraciones de agua.

Otra fuente de agua subterránea en la subsuperficie es un manantial subterráneo.

### **Humedad en sótanos**

Se presentan en forma de manchas continuas en los muros, siempre desde la parte más inferior y ascienden por éstos en función de la porosidad del material, sobre todo cuando está elaborada con material cerámico, formando en ocasiones manchas blancas (eflorescencias salinas); también aparecen en suelos, apreciándose en éstos la humedad al oscurecerse las juntas entre piezas por la ascensión de agua contenida en el terreno. Se producen generalmente por una mala impermeabilización en el arranque de muros y en suelos por estar en contacto directo con la tierra (Figura 4.17).

Cuando el volumen de la edificación se encuentra bajo nivel del terreno natural, en los sótanos pueden presentarse dos tipos de lesiones: infiltraciones con entradas de agua francas o pequeñas chorreaduras, manchas, hinchamientos o despegue de revestimientos y eflorescencias por descomposición de los materiales:

**a. Infiltraciones.** Las infiltraciones son entradas francas de agua que se producen cuando la presión que ejerce el agua para tratar de recuperar el espacio ocupado por el sótano se encuentra con un defecto de diseño o construcción, o cuando la presión de la napa freática es muy importante; también

suelen presentarse por daños en las tuberías de abastecimiento o de evacuación en el exterior, manifestándose en forma de manchas, chorros o chorreaduras de agua, despegado de revestimientos, hinchamientos (Figuras 4.19 y 4.20).

**b. Eflorescencias de sales.** El agua en su recorrido, desde el terreno natural hacia el interior del sótano, reacciona químicamente con los materiales componentes del muro presentándose manchas acompañadas de eflorescencias de sales. Los cloruros y los nitratos suelen ser higroscópicos, es decir, pueden absorber humedad del entorno y, en general, cuanto mayor sea la cantidad de sales, mayor será la absorción de humedad, sobre todo en condiciones húmedas. Así, aunque se haya controlado la humedad capilar mediante la inserción de un sistema de impermeabilización corrector, las mismas sales pueden hacer que tanto el muro como cualquier decoración contaminada permanezcan húmedos.

#### Humedad en cimientos

Normalmente se detecta observando el deterioro en el piso, la mampostería, la pintura, los revestimientos, y por la aparición de manchas oscuras, eflorescencias salinas o por la presencia de hongos o mohos en los muros.

También el olor a humedad en los ambientes, roperos o placares, la impregnación de este olor en la ropa, o la aparición de lama verde (verdín) sobre la misma, son otras señales de problemas de humedad.

Normalmente son causadas por la humedad de cimientos, pero en algunos casos puede deberse también a problemas de filtraciones desde el exterior o desde baños o cocinas, cañerías perforadas, desagües deteriorados, techos o bajantes rotos, etc.

Detectar las causas de la presencia de humedad puede ser algo complicado, cuando el deterioro o las señales visibles no indican claramente de dónde proviene. Muchas veces es necesario romper muros, levantar pisos o destruir revestimientos difíciles de conseguir.

Existen equipos de medición que permiten medir la humedad de los muros, paredes, pisos, etc., sin deteriorarlas ni hacer perforaciones, basados en la medición de la capacidad dieléctrica o en la densidad de las mismas, mediante la emisión de ondas de radiofrecuencia; las lecturas obtenidas son bastante precisas y al interpretarlas indican el origen de la humedad. Estos instrumentos tienen la capacidad de medir la humedad hasta a 6 cm de profundidad, descartando así la influencia de la humedad superficial de los repellos o revoques y revestimientos.



Figura 4.19 Humedad por filtración

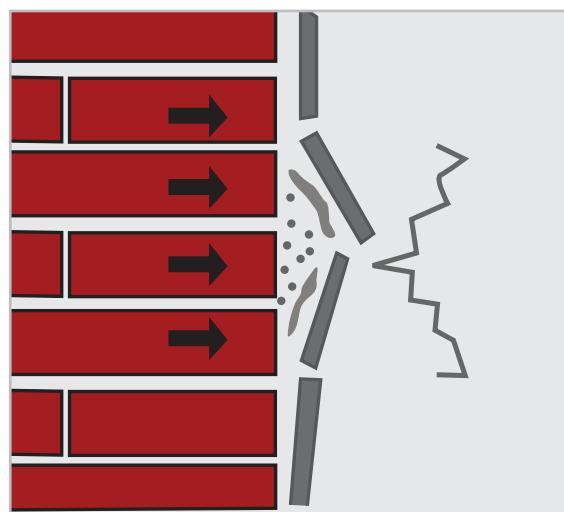


Figura 4.20 Despegue de revestimientos

Una vez confirmada la existencia de humedad de cimientos, es importante determinar la extensión del problema, ya que los deterioros visibles suelen ser “la punta del iceberg”; es decir, solamente los primeros síntomas de un problema más grave.

Esto, en la gran mayoría de los casos, se debe a que los cimientos y la estructura de la edificación son originales y de la misma época, por lo tanto es de esperar que si la barrera hidrófoba ha colapsado en algunos lugares (donde se observan los signos de humedad), sin duda también estará rota en otras zonas donde aún no se nota, pero que de no solucionar el problema, aparecerán tarde o temprano también allí deterioros provocados por la humedad.

Con los equipos de medición de humedad mencionados, se puede diagnosticar la gravedad de la situación, y ayudar así a tomar una decisión adecuada para su solución integral (si sólo se atacan las zonas visibles, luego aparecerán en otros lugares, generando más gastos e incomodidades).

#### **Anulación de las causas**

La actuación estará en función del origen de la humedad, bien sea el suelo o bien sea una plataforma horizontal en fachada; ésta consiste en alejar el agua de la base del cerramiento. Todos estos sistemas se manifiestan eficaces cuando el nivel de la capa freática es inferior a la cota más baja de la cimentación. Por debajo del nivel freático, la presión del agua impide su evacuación por gravedad.

Este tipo de humedad es de compleja reparación por tratarse de la conexión entre el agua de tipo “indisoluble” con el cerramiento, lo cual conlleva a que la comunicación entre sí sea muy difícil de interrumpir; no obstante, las soluciones se basan en cada tipo y la eliminación de la causa traerá consigo la consecuente eliminación del defecto. Antes de iniciar cualquier tratamiento debe tenerse la certeza de que el proceso de saturación-evaporación haya concluido.

Las manchas de humedad por capilaridad no desaparecen por sí solas; para solucionar

el problema de la humedad por capilaridad hay que atacar la causa evitando que los muros se humedezcan, y no sólo hacer mantenimiento del área afectada, aunque si bien es cierto en épocas cálidas y de pocas lluvias estas humedades tienden a desaparecer y una leve pintura podrá cubrirlos, en épocas invernales o de lluvias aparecerán de nuevo si no se remedia el problema de raíz.

Se podría pensar que la solución sería intentar impermeabilizar los muros y su superficie. Con estos sistemas, en el mejor de los casos se consigue esconder temporalmente la humedad, pero la consecuencia en la realidad es que este tipo de tratamientos generan un ‘efecto chimenea’ haciendo subir aún más la humedad por ellos. Así no se soluciona el problema de humedad en suelo y muro, sino que se agrava y se encarece la solución por la necesidad de volver a abordarlo y tampoco se soluciona con el secado de los muros.

#### **Humedad del suelo**

Este problema de humedad se localiza por debajo del nivel de suelo en sótanos y parqueaderos; es producto de una entrada de agua directa en ocasiones masificada según las inclemencias del tiempo, lo cual hace que el sistema de drenaje y evacuación sean insuficientes, situación que se agrava por la presencia de aguas subterráneas, y se agudiza en zonas costeras, lo que genera que se saturen los sistemas de evacuación como tubos de drenaje, por el continuo aporte masivo de agua y lodos; así, el agua acaba entrando en la edificación a través del suelo y de los muros.

La capilaridad se erradica en el origen por medio de dos técnicas: el drenaje y la creación de barreras impermeables. Ambas requieren operaciones bastante complejas, pero se manifiestan muy eficaces en el cometido de eliminar la humedad.

Independientemente de dónde proviene el agua, la mejor forma de controlar el agua subterránea en la subsuperficie es instalar algún tipo de sistema de drenaje perimetral para aliviar la presión hidrostática. El

agua subterránea es empujada al sistema de drenaje y no a las áreas donde puede dañar alfombras, muros o pertenencias. El agua drena por la gravedad hacia una cavidad colectora desde donde la bomba colectora descarga el agua hacia afuera de la edificación.

Existen dos tipos básicos de sistemas de drenaje para los sótanos con humedad. Uno es un sistema de canaletas instaladas por encima del suelo alrededor del perímetro instalado en la base de las paredes de los cimientos por encima de las losas del suelo. También cumple la doble función de material de base para el muro. El otro es un sistema de drenaje por debajo del suelo alrededor del perímetro. El sistema por debajo del suelo requiere una eliminación parcial de las losas del suelo de cemento y la instalación de un tubo de drenaje, lo que lo hace más costoso que el sistema de drenaje por encima del suelo.

Se considera que un sistema de drenaje por debajo del suelo es mejor, porque se considera que los drenajes por debajo del suelo liberan la presión hidrostática antes de que el agua alcance el fondo de la losa del suelo.

Para los casos de humedad del suelo se contemplan cuatro tipos de actuación sujetas a las circunstancias constructivas y a la ubicación de los elementos. Estas son: drenajes, barreras impermeables, obras de guarnición o protección, y ventilación:

**a. Drenajes:** Como principio, es ideal que la actuación se haga desde el exterior en todos los muros afectados y en todo su frente, para ello se cuentan con varios tipos de drenajes como el de la cuña drenante, ataguías, zanja drenante, pozos drenantes, drenaje eléctrico y aireación por puntos.

- **Cuña drenante:** Se excavan cuñas adosadas a la base del muro y realizadas mediante bataches alternados, con el objeto de no crear asientos puntuales, de una profundidad tal que se alcance el suelo sobre el que reposa la cimentación. En su fondo, se coloca una tubería de concreto

o plástico. Esta tubería recoge las aguas lo más abajo posible (unos 15 cm por debajo de la base) y las canaliza a puntos concretos hasta enviarlas a la red de saneamiento o a un pozo muerto, por lo que deberá compactarse bien la zona rellena. Esta solución requiere poder actuar desde el exterior y en todo el frente.

- **Ataguías:** Se colocan estructuras provisionales de retención separadas de la base y con una profundidad que estará en función de la cimentación de la edificación y de la presión de las aguas que se quieren atajar. Se usa para casos de corrientes freáticas de agua y puede ser: tablestacas adosadas de madera, piezas metálicas, zanjas lineales llenas de material suelto y tubos que conducen el agua hasta la red de saneamiento. Se intenta descender el nivel del agua hasta por debajo de la cimentación, para evitar el contacto entre ambas.
- **Zanja drenante:** Se excavan zanjas que recogen el agua del terreno circundante y la conducen a la red de alcantarillado o de saneamiento. Suelen ser construidas con material del lugar o de préstamo.
- **Pozos drenantes:** Constituyen una red que hace que el nivel descienda lo suficiente para evitar el contacto con la cimentación.
- **Drenaje eléctrico:** Se trata de drenajes lineales, colocados normalmente en el arranque de los muros, que establecen una corriente eléctrica entre éste y el terreno en contacto, con polo negativo en el muro y positivo en la tierra, obligando al agua, como elemento conductor que es, a descender.
- **Aireación por puntos:** Se introducen unos tubos perforados en la base del muro, que facilitan la aireación interior del cerramiento. Pueden ser cerámicos o de material plástico.

**b. Barreras impermeables:** Se define como la interposición de una barrera entre el agua y el elemento constructivo, entre las cuales se tienen: las láminas impermeables de ma-

terial plástico o metálico, las inyecciones, la hidrofugación superficial y la inclusión de elementos laminares bajo soleras armadas. En esta solución, se ha de proceder a realizar actuaciones destructivas, tales como demoliciones, etc.

- **Lámina impermeable:** Se introduce en la base del muro. Las plásticas pueden ser bituminosas o de PVC; las metálicas, de materiales inoxidables.
- **Inyecciones:** La lámina puede sustituirse por una inyección de mortero y resina de poliéster o de resinas epoxi. Con ello se consigue dificultar la ascensión del agua mediante dos sistemas básicamente:
  - **Obstrucción de los poros:** Persigue la reducción de la abertura de los mismos por debajo de las 0,010 micras hasta conseguir anular la ascensión. Se puede conseguir utilizando "mineralizadores" o prepolímeros de isocianato.
  - **Hidrofugación:** Emplea líquidos a base de siliconas diluidas en disolventes orgánicos, también siloxanos.
- **Hidrofugación superficial:** A base de morteros especiales de fraguado rápido. No evita la capilaridad propiamente di-

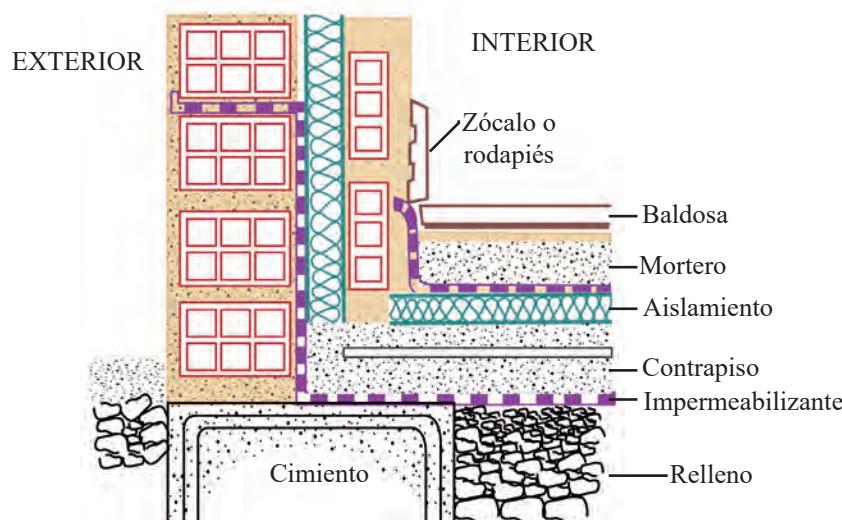
cha, sino que evita que la humedad salga al exterior por la superficie tratada.

- **Inclusión de elementos laminares:** Bajo las soleras armadas, se colocarán láminas impermeables.

c. **Obras de guarnición o protección (Figura 4.21):** En casos de micro capilaridad o humedad capilar producida por plataformas horizontales de fachada se debe:

- Aumentar la inclinación de la plataforma hacia el exterior, a fin de incrementar su capacidad de drenaje.
- Establecer un pequeño escalón impermeable entre la plataforma y el paramento.
- Añadir rodapié o zócalo, cubriendo el solape vertical de la lámina impermeable horizontal.

Es recomendable el empleo de materiales permeables en los pavimentos cercanos a los muros afectados, de modo que la humedad tenga posibilidad de evaporar por distintas partes y no necesariamente ascienda por los muros. Se debe cuidar también que el agua de lluvia sea conducida fuera del área de la edificación y no salpique los muros.



*Figura 4.21 Barreras para evitar humedades ascendentes del terreno*

**d. Ventilación y ocultación:** La unión de los factores ventilación y ocultación ha inducido a la construcción de “cámaras ventiladas”, que en los cerramientos debe disponerse en todo el paramento horizontal con las siguientes características: cámara de aire continua, con rejillas de ventilación superior e inferior, con canales para recoger las aguas en la base y con ausencia de yeso.

#### Humedad en sótanos

Son unas de las humedades más costosas de solucionar; existen tratamientos desde el exterior o del interior por acciones de desecación, construcción de barreras físicas y barreras químicas, como la emulsión de silicona y otros tratamientos que parecen dar buenos resultados. Una opción más rápida y menos costosa es la creación de cámaras aislantes (trasdosados), en otros basta con sanear las zonas afectadas y aplicar morteros especiales y pinturas permeables.

**a. Tratamiento desde el exterior:** Aunque esta posibilidad queda reservada para los casos en que el terreno que rodea al sótano esté libre, poder interceptar y recoger el agua antes que ésta toque el muro es la mejor de las alternativas.

Como primera medida se debe conocer sobre qué suelo se va a cimentar; debajo de un terreno muy saturado se producen grandes presiones hidráulicas. Con el fin de solucionar dicho problema se toman las siguientes acciones:

- Construcción de piso perimetral exterior: consiste en la elaboración de un andén o vereda de protección de los cimientos de 1 m de ancho para que el agua que cae de la cubierta y del muro no penetre en el suelo.
- Adecuar la superficie inmediata del terreno con su respectiva pendiente para acelerar el escurrimiento del agua.
- Construir un sistema de drenajes (Figura 4.22): Son drenes subterráneos que disminuyen niveles de saturación de humedad produciendo un desagüe paulatino del suelo por medio de tubería perforada (1) que se tapa con tres capas diferentes, una primera capa de grava (2), una segunda de arena (3) y finalmente la tercera capa constituida por la misma tierra (4) que conforma el terreno (en la parte superior). Las capas de arena y piedra cumplen la función de frenar el desplazamiento horizontal del agua provocando su caída hacia la capa de pie-

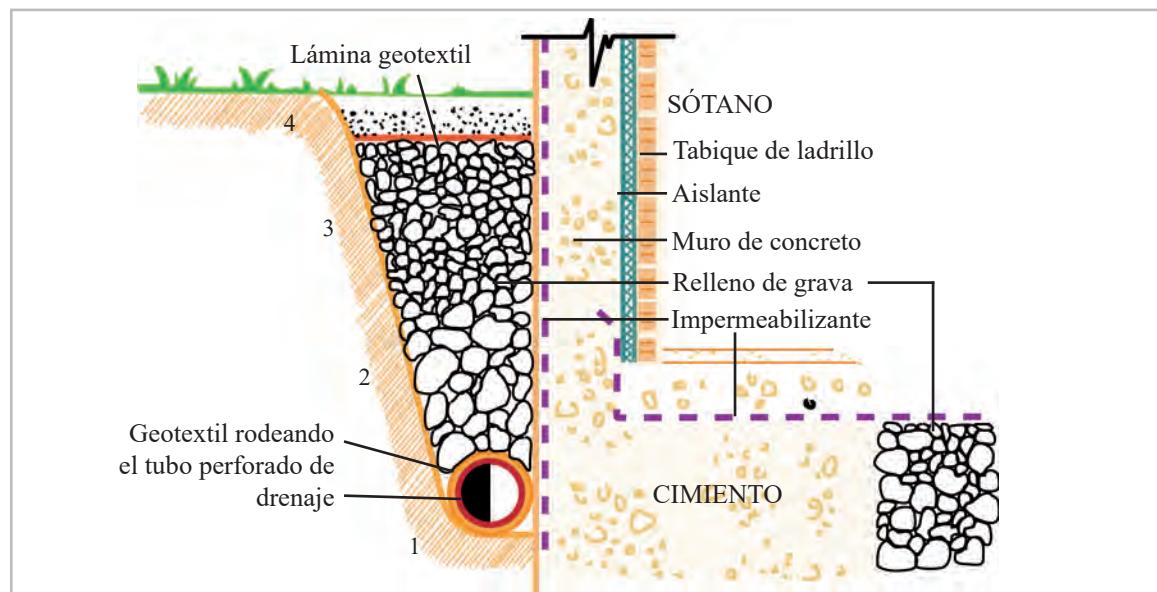


Figura 4.22 Materiales y elementos de protección y evacuación

dra y luego hacia la tubería de drenaje, la cual se ubicará unos centímetros por debajo del nivel del cimiento. Estos drenes deberán rodear perimetralmente a la obra de la manera que se muestra en las Figuras 4.22 y 4.23 (las dos alternativas son igualmente efectivas) conviniendo ser reforzados con ramales de seguridad que cruzarán por debajo de la citada obra. Todo el sistema, y en especial los refuerzos, tendrán una pendiente en el mismo sentido del movimiento natural de las napas de agua; con un destino final hacia un pozo de bombeo de alcantarillas, generando un desecamiento del terreno saturado.

- Cavar una zanja perimetral, revocar nuevamente con morteros impermeables y colocar en el lugar bloques drenantes o medias cañas que permitan el escurrimiento y la aireación de la cara anteriormente en contacto con el agua. Ese drenaje se recoge al pie del muro y se conduce a la red de desagüe o se aleja de la edificación en un pozo donde se ventila con una tapa de aireación.
- Cuando la presión de la napa es constante e importante lo más indicado es recoger el agua y conducirla hacia un pozo del cual se bombea el líquido al exterior de la edificación. Recuerde que en ese caso tendrá un equipo de bombeo trabajando permanentemente.

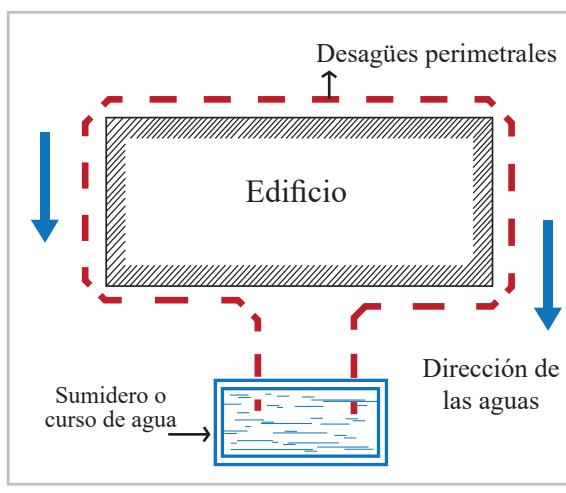


Figura 4.23 Red de drenaje

**b. Tratamiento desde el interior:** La solución a este problema, causado por entradas de pequeña magnitud (poros o pequeñas fisuras que generalmente se deben a defectos de diseño o fallas en la construcción), es aplicar tapones, inyecciones perimetrales, soluciones químicas.

- **Tapones:** En la actualidad es posible impedir el ingreso constante de agua a chorro, en fisuras o en uniones entre piso y paredes de sótano por medio de "tapones" de productos químicos que existen en el mercado. Estos tapones son el resultado de aplicar sucesivas capas de revoques impermeables en la cara interior del muro con productos para obturar fisuras (cementos ultrarrápidos que con el agregado de plastificantes y agua se expanden al entrar en estado líquido) los cuales son presionados con la mano fuertemente dejando que filtren agua a contrapresión; luego de unos minutos, cuando comienzan a reaccionar despidiendo calor en su masa, o sea, cuando se percibe incremento de temperatura, se disminuye la presión y se enrasta la superficie con una espátula, se alisan en capas muy finas para finalmente quitar el material sobrante.
- **Inyecciones perimetrales:** La otra posibilidad es la inyección de productos, atravesando el muro con una herramienta que dispone productos químicos sobre la cara en contacto con el agua, a presión. Estos productos se convierten en una masa impermeable, elástica y adherente que impide el ingreso de agua.
- **Soluciones químicas:** En la actualidad es posible impedir el ingreso de agua en fisuras o en uniones en los muros de concreto, por medio de productos químicos que incorporados como pinturas o revoques actúan impermeabilizando completamente la masa de concreto existente.

Hay numerosos tratamientos contra este tipo de humedad, todos destinados a frenar el acceso de agua al muro y a facilitar la evaporación de aquella que llegue; varios se en-

caminan a evitar que el agua del suelo entre en contacto con los cimientos del muro, los más empleados son drenajes y conducción de aguas superficiales.

Otros tratamientos se dirigen a romper la continuidad capilar del muro mediante la introducción de capas o láminas de material no capilar.

Otro método recomendado es facilitar por distintas vías la evaporación del agua. Para lograrlo es importante que la superficie del muro sea permeable y exista una renovación adecuada de la masa de aire de los espacios.

**c. Tratamiento de la humedad ascendente:** Se puede encarar por: desecación o impermeabilización o mediante barreras físicas y químicas. A continuación se describirán los procedimientos más comunes y factibles de ser ejecutados en nuestro medio:

- **Por desecación:** Por lo general el borde superior es irregular y crece en altura cuanto más ancho es el muro. Para solucionar este problema existen distintas alternativas, como por ejemplo:

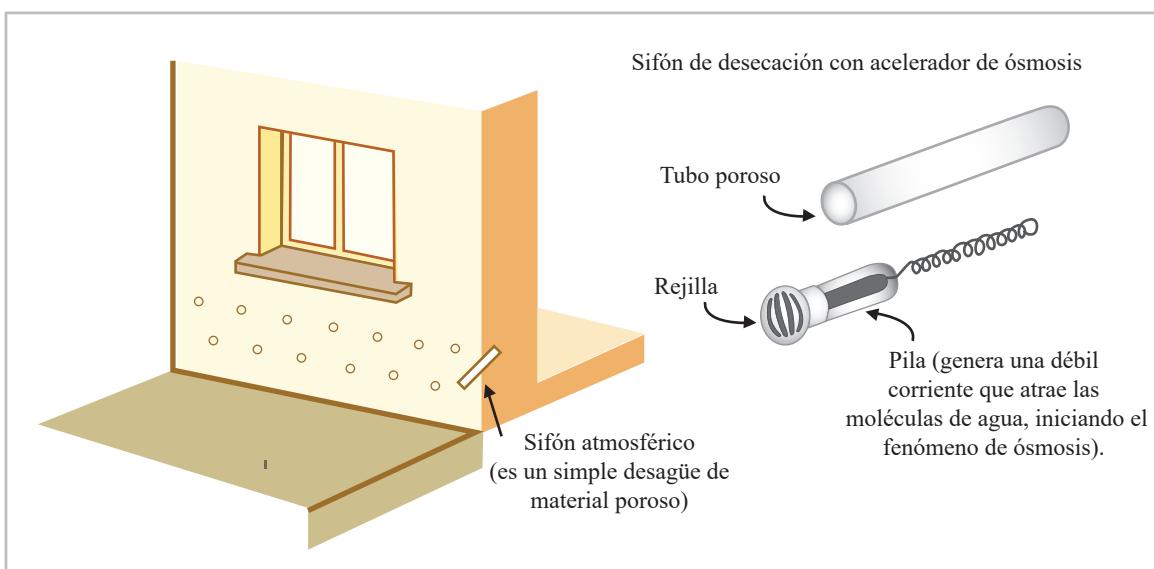
- **Procedimientos con higroconvectores:** Se introducen, transversal al muro, tubos muy porosos que poseen la característica de captar la humedad por

ósmosis y condensarla internamente, además de descomprimir y permitir la salida de los gases migratorios.

- **Procedimientos eléctricos:** Consisten en el aporte de corriente eléctrica, a través de una batería que equilibra la diferencia de potencial existente entre el muro y el suelo que es la que causa el ascenso de la humedad.

- **Procedimientos por electroosmosis:** Es un proceso de ósmosis donde la pared porosa y el agua cargada de sales constituyen el electrolito de la pila. En el muro se introducen electrodos de cobre que actúan como un cátodo y en el terreno se coloca un ánodo de acero galvanizado que hace de toma de tierra. El tratamiento con el método electroosmótico activo por ondas electromagnéticas tiene la propiedad de abarcar toda la edificación con un solo equipo, creando una nueva barrera hidrófoba en toda la superficie, abarcando tanto los sectores afectados como los sanos (Figura 4.24).

- **Procedimientos por electroforesis:** Que consiste en la introducción en el muro de electrodos rodeados de arcilla coloidal. Al desecarse el muro la misma obtura los conductos capilares formando una barrera impermeable.



*Figura 4.24 Tratamiento de la humedad ascendente por capilaridad en edificios antiguos*

- Por barreras físicas:** Tratan de restablecer las barreras ejecutadas durante la construcción original del muro que consistían en el reemplazo de mezclas con cal por otras impermeables en 2 hiladas de ladrillos separadas y cerrando tipo “cajón”. Constituyen una barrera impermeable que se coloca cortando el muro, de lado a lado o taladrándolo y llenando luego los huecos con resinas, mezclas impermeables o láminas de polietileno. Por supuesto debe efectuarse en etapas, intercalando en un primer corte sectores de un ancho de 45 a 55 cm con sectores de igual ancho que permanecen sin cortar hasta que los primeros han sido llenados y ha fraguado correctamente el material.

Otro caso se nos presenta cuando por razones económicas no se puede solucionar el problema con los métodos anteriores. La solución alternativa se trata de la construcción de un tabique paralelo al muro o a los muros afectados, separándolo aproximadamente 15 a 20 centímetros, y generando en su base un canal en forma de mediacaña entre el muro y el tabique. Dicha canal tendrá pendiente hacia un pozo de bombeo para luego

evacuar al exterior. El tabique debe contar con ventanas a la altura del cielo raso y al ras del piso, teniendo también uno o varios conductos de ventilación al exterior entre el muro y el tabique, lo que produce una corriente de aire que evacúa la humedad al exterior. Este sistema no elimina el ingreso de humedad, pero mantiene ciertos niveles de confort en el ambiente, saneando el sótano (Figura 4.25).

El método, que se puede apreciar en la Figura 4.26, consiste en hacer un solado (5) y un tabique (3) nuevos, separados de la obra vieja (1) por cámaras de aire (indicadas con 2 y 4: esta última conformada por ladrillos huecos, los cuales se orientan en el sentido de la corriente de aire, a manera de túnel) intercomunicadas entre sí, haciendo que el aire salga hacia el exterior a través de unos ventiles o ventanas pequeñas (6).

A manera preventiva, para los casos en que el espacio se vea repleto de agua (por un inesperado ascenso de la napa freática) se debe instalar un sistema de bombeo, previendo su ubicación en forma permanente.

El más antiguo de los sistemas es el de reconstituir las capas aisladoras horizontales existentes (o no), y consiste en cortar el muro de lado a lado y en tramos de hasta un metro, según la solidez del muro. Se corta un

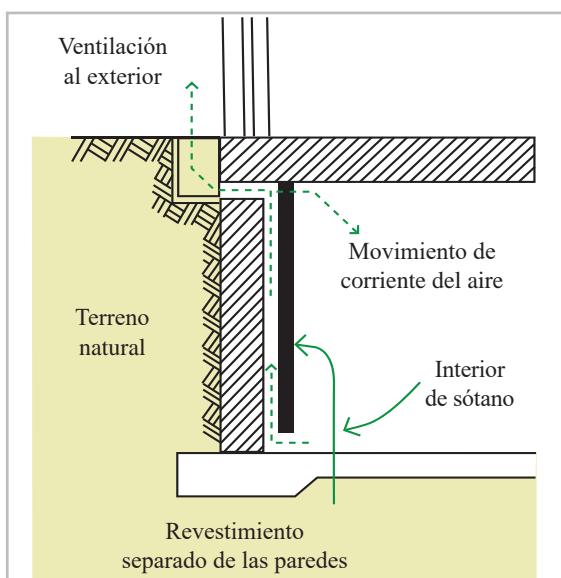


Figura 4.25 Barreras físicas

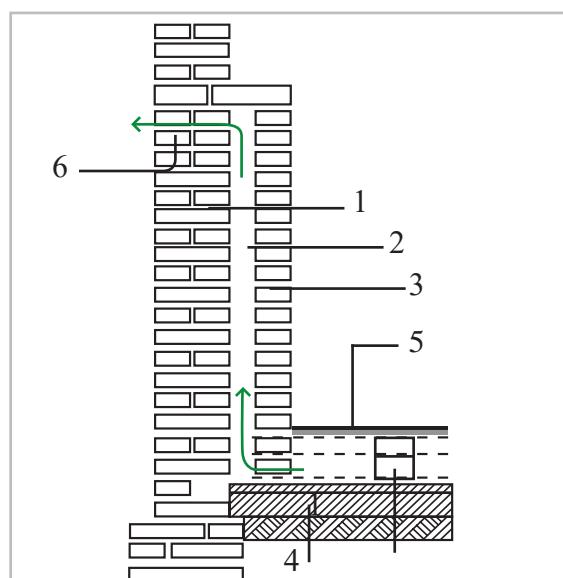


Figura 4.26 Barreras físicas

tramo de un metro y se deja otro de la misma medida sin cortar, para luego cortar otro metro; o sea que se divide en tramos y se corta uno sí, otro no, uno sí, otro no, hasta alcanzar la longitud total que se quiere reparar. Una vez reconstituidos esos tramos salteados (por medio del método de la doble hilada de ladrillos con su correspondiente doble capa aisladora horizontal y cerrada tipo cajón, con capa aisladora vertical), se procede a cortar el resto de los tramos que se habían salteado, para luego realizar el mismo trabajo que en los tramos anteriores. Es importante que una vez concluidos los primeros tramos, se los deje fraguar muy bien, para proceder con el corte de los segundos tramos. También debe tenerse especial cuidado de trabajar muy bien las uniones entre tramos de primera y segunda etapa, para asegurarnos que la humedad no encuentre paso alguno. En algunos casos es importante la colocación de láminas de membrana de PVC, polietileno u otros, para reforzar la nueva barrera formada.

La elevación de la edificación es una de las mejores alternativas para evitar el ascenso de humedad del suelo (Figura 4.27).

- **Por barreras químicas:** Otra solución habitual es la inyección química, que es la más difundida y su propósito es el de restablecer dichas barreras originales a través de la introducción de sustancias químicas líquidas o semiliquidas que penetran en el muro por pequeños orificios, impregnando su masa y repelen la ascensión de agua y sales; las más comunes son las compuestas de siliconas disueltas en agua. Este procedimiento se hace luego de retirar las capas de revoque que se encuentran en mal estado, y se incorporan por presión natural, difusión o a presión, pero todas basadas en principios comunes. Cuando se ha seleccionado este método atienda las indicaciones particulares de cada producto y respete las condiciones de colocación.



**Figura 4.27 Edificación sobre losa elevada del terreno**

El procedimiento implica el taladrado del muro en forma triangulada con mechas de 10 a 15 mm de diámetro, siguiendo dos líneas horizontales paralelas al piso, con una inclinación de 15 a 20° y alcanzando una profundidad igual a 2/3 partes del espesor del muro; una entre 15 y 30 cm del suelo y la otra entre 30 y 60 cm del piso. Los orificios deben espaciarse entre 15 y 25 cm (Figura 4.28). Luego se sopletean los orificios y se vierte repetidas veces mediante un embudo el compuesto de siliconas (silicato y fluosilicato) el cual en un principio es absorbido con rapidez dentro del muro hasta saturarlo; éstas, al cristalizarse, obturan la red capilar y los poros que contiene en su interior. Cuando su escurrimiento es más prolongado, significa que estamos saturando o tapando las porosidades de éste, con lo que estamos en condiciones de afirmar que los mismos están cubiertos. El sellado se da mediante una reacción química producida en el material al entrar éste en contacto con la solución.

Una vez saturada se procede a tapar los orificios con morteros impermeables, y se reconstituye la pared por ambos lados. No intente variar las distancias ni las condiciones; si el muro se impregna parcialmente la tarea realizada será inútil, téngalo por seguro. Esta solución es muy efectiva, y es particularmente adecuada para aplicar en muros de ladrillos de espesor hasta 0,30 m, y los trabajos no consumen tanto tiempo. Su efectividad depende de la capacidad de absorción de los materiales del muro, debe aplicarse de acuerdo con las indicaciones

del fabricante o proveedor, y no es apto para casos donde existe presión freática. Un buen indicio de que se están haciendo bien las cosas es el sensible descenso de la humedad en el muro (cuando éste se seca).

Este método resulta ser en teoría muy válido y práctico, además de seguro, ya que deja intacta la capacidad estructural del muro. Sin embargo, no siempre es posible la impregnación total del muro, o existen grietas, lo cual dificulta introducir el líquido, etc. De por sí, considere que la humedad ascendente en muros es un problema de difícil solución, que bien podría describirse como crónico, con gran cantidad de técnicas a su disposición pero con resultados relativos.

El problema de este método es que las siliconas al cristalizarse forman un manto rígido, con lo que si se producen movimientos estructurales, se fractura dicho manto. Es un método del cual no hay plena certeza.

Generalmente, para impedir el paso del agua hacia el interior del muro, se utilizan materiales con características impermeables, ya sean estos láminas, pinturas, etc. Por lo tanto, para proporcionar una pared "seca" y una superficie apta para decorar, los sistemas de impermeabilización utilizan dos procesos fundamentales:

- La inserción de un sistema de impermeabilización química.
- La retirada del material de acabado que se encuentre deteriorado, y su sustitu-

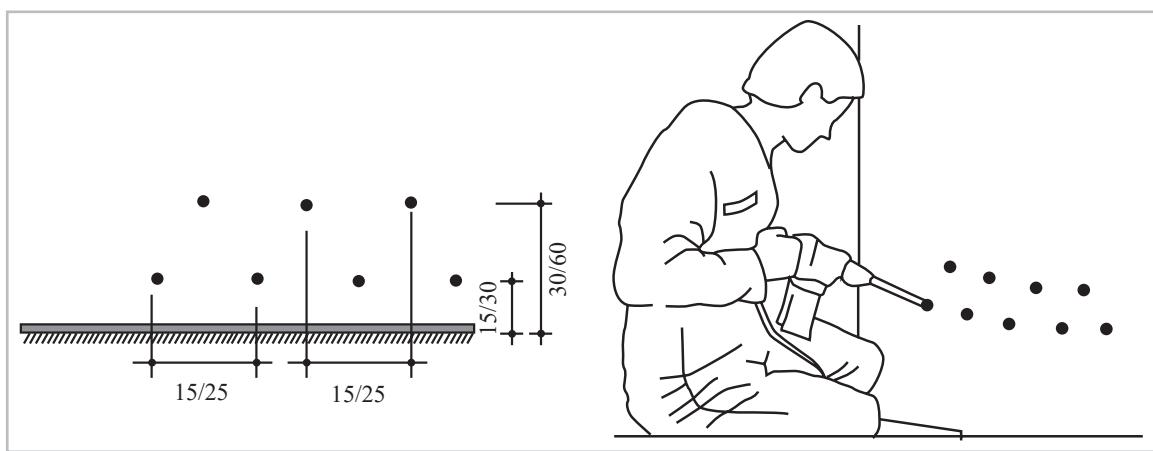
ción por otro para evitar que la humedad residual y las sales contaminantes de la mampostería subyacente pasen a las nuevas superficies.

Una vez reconstituida la barrera hidrófoba, ya sea física, química o electrofísica, el agua no podrá volver a ascender por los capilares de la mampostería. Pero encima de la barrera los muros o las paredes estarán impregnadas de humedad y deberán secarse antes de su reparación y pintura para evitar que se vuelvan a deteriorar.

Usualmente se recomienda picar el repellón o los revoques hasta los ladrillos para facilitar el secado o bien esperar prolongados períodos de tiempo hasta que se sequen naturalmente.

Los métodos de electroosmosis activa, al invertir la polaridad de los muros, inducen al agua y a las sales en solución a volver a la tierra acelerando el secado y reduciendo la cantidad de sales depositadas por la evaporación de la humedad. Esto es posible porque la barrera hidrófoba es electrofísica e impide el ascenso de humedad, pero permite el paso del agua y las sales disueltas en sentido inverso.

La deshumidificación electrofísica es el proceso que se realiza a través de unas centralitas electrónicas sofisticadas y de reducidas dimensiones que una vez instaladas en las zonas afectadas por problemas de hume-



*Figura 4.28 Aplicación de barreras químicas*

dad cargan positivamente los muros, evitando así que la humedad remonte nuevamente, con lo que se detendrá la absorción capilar. Una vez controlada la capilaridad, hay que saber que los revestimientos se encuentran aún degradados, por lo que para complementar el tratamiento se realiza el saneado y aplicación de revestimientos nuevos altamente transpirables (revocos y pinturas). Los morteros empleados son específicos para el saneamiento y protección de muros con remontes de humedades y sales en ladrillo, piedra y paredes mixtas interiores y exteriores.

Es muy conveniente ventilar los ambientes durante la etapa de secado para que el aire se renueve y facilite la eliminación de humedad.

Se considera que la mampostería está seca cuando tiene entre 3 y 4% de humedad. Estos valores se pueden determinar tomando muestras de la pared, por desecación (método Darr), por reacción química con carburo de calcio (método CM), o con pequeñas perforaciones en la pared y midiendo la conductimetría o resistencia eléctrica con multímetros. La conductimetría es un método analítico basado en la conducción eléctrica de los iones en solución (Figura 4.29).

#### Reparación del efecto capilar

Para proceder a la reparación de cualquiera de los efectos ya mencionados, una vez eliminada la causa, se debe esperar la desaparición de la humedad contenida en el cerramiento por medio de ventilación natural o artificial y una vez seca, se actuará depen-

diendo del tipo de lesión, ya sea una mancha, problema de limpieza, o un depósito de agua. Si es de origen físico se tratará como lesión física y se actuará según lo indican las acciones de reparación de suciedades, y si es de origen químico, según el grado y dependiendo de la probable erosión, se sustituirá el revestimiento (Figuras 4.30 y 4.31).

Como medidas preventivas se deben adoptar todas aquellas que resulten posibles durante la ejecución y que prevengan la aparición de la lesión, de acuerdo con lo anotado anteriormente.

**¿Cómo impermeabilizar el suelo de una terraza?** Si hay manchas en el suelo y en la parte inferior de los muros, lo más frecuente es que se deba a una evacuación defectuosa del agua acumulada por la lluvia. De esta manera, se filtra a los materiales de la esquina inferior formada por el suelo y el muro de cerramiento de la terraza. Para solucionarlo se debe restaurar o realizar el correcto desagüe, bien introduciendo más desagües o aumentando el diámetro de los existentes. Para impermeabilizar bastaría una imprimación de caucho en las zonas de riesgo o la colocación de una lámina impermeable sobre la que se pavimentará de nuevo.

#### Recomendaciones

Durante el proceso del arranque de muros desde la cimentación en la nueva construcción es conveniente usar aditivos de tipo bituminoso en el mortero, para evitar que la pared posteriormente adsorba la humedad contenida en el terreno.

De manera preventiva, se recomienda:

- No construir en terrenos bajos o húmedos.
- Realizar sondeos previos del terreno donde piensa edificarse (grados de humedad a distintas profundidades), distancia a nivel freático - capa freática, etc.
- Preparar adecuadamente el terreno protegiendo cimientos con geotextiles impermeabilizantes.
- La realización de drenajes y pozos absorbentes, para alejar el agua del subsuelo de los cimientos.

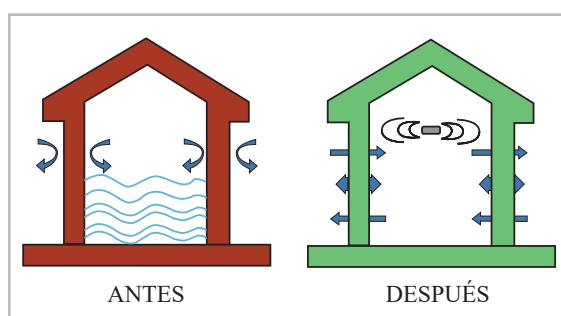
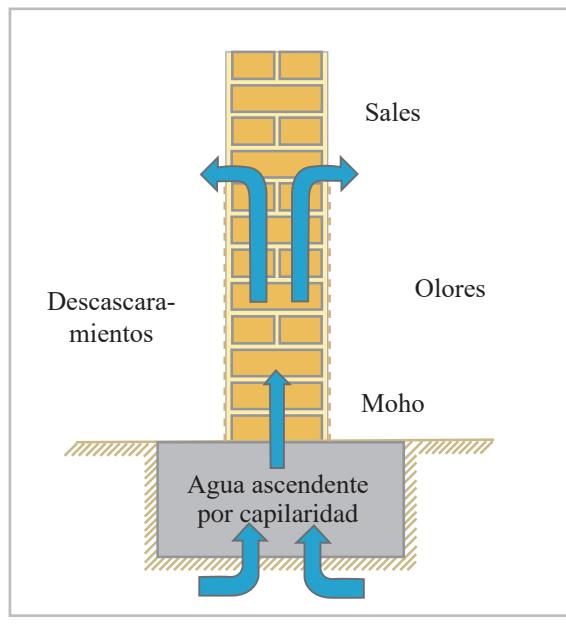
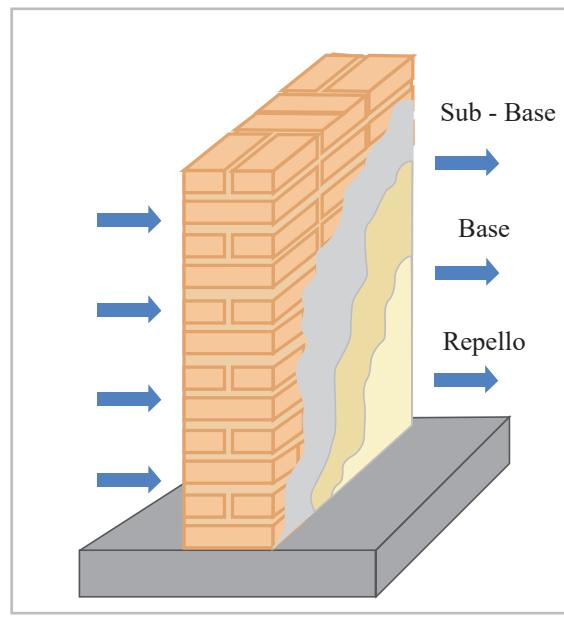


Figura 4.29 Soluciones contra la humedad

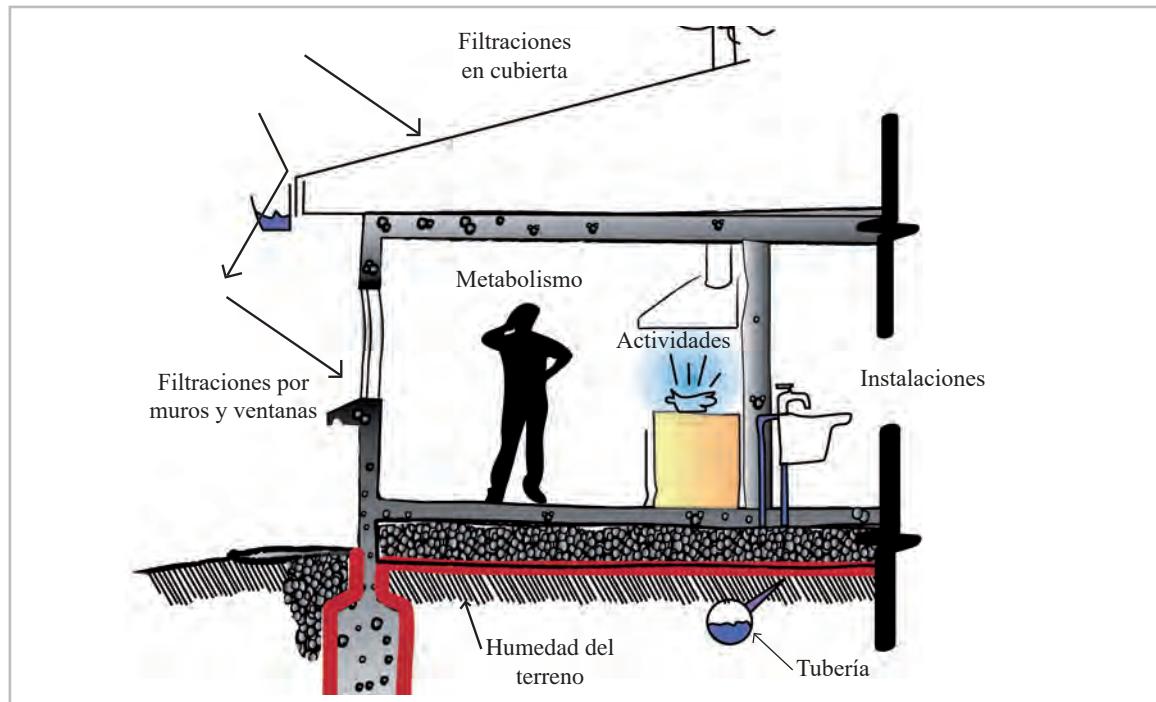


*Figura 4.30 Muro deteriorado*



*Figura 4.31 Muro reparado*

- Impermeabilizar el mortero de pega de la cañería más o menos hasta un metro de altura, con el fin de evitar que suba el agua por capilaridad.
- Alejar bajantes de aguas lluvias de los cimientos.
- No hacer jardines junto a los cimientos.
- Utilización de mortero macroporoso con las propiedades de transpirabilidad y retención de sales al paso del agua.
- Los patios del entorno de los edificios se deben conservar limpios.



*Figura 4.32 Diferentes fuentes de humedad*

- Se debe mantener la pendiente de los patios para evitar charcos junto a la edificación.
- El riego de los jardines no debe afectar a los muros de las edificaciones.
- Se debe conservar seco el entorno de las edificaciones.
- En países donde caiga nieve, ésta se debe retirar del entorno de la edificación a la mayor brevedad.
- En general, se debe conservar la sequedad del entorno.

#### HUMEDAD POR CONDENSACIÓN

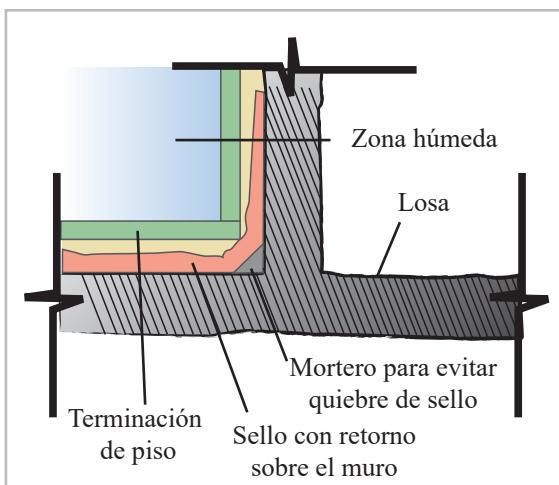
Se trata de una humedad particular, por ser su aparición el resultado de la unión de varios factores físicos, concretamente la presión de vapor suficientemente alta y la temperatura suficientemente baja.

Para comprobar si se trata o no de un problema de condensación se pega con cinta adhesiva un trozo de papel de aluminio sobre la superficie afectada. Si aparece vaho en la cara visible del aluminio, hay condensación. Estos procesos patológicos resultan a veces difíciles de diagnosticar, tanto por presentar síntomas comunes a otros tipos de humedades como por su naturaleza un tanto “intangible”, dado que involucran un proceso en el que el vapor de agua del aire pasa a

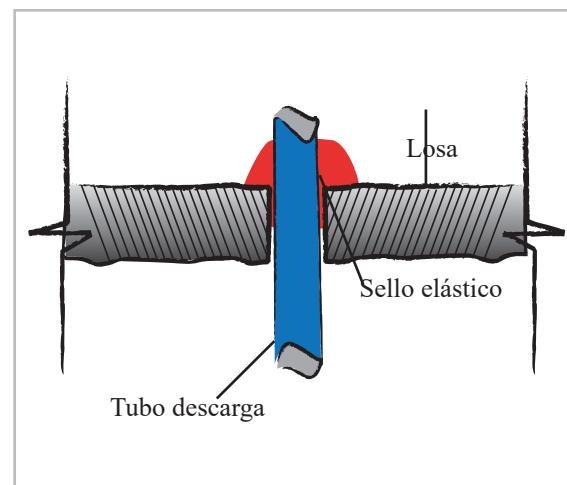
estado líquido, afectando los elementos de cerramiento que constituyen la envolvente de la edificación.

La ventilación apropiada (continua y suave, o brusca y rápida, manteniendo la inercia del cerramiento), la adecuación de la temperatura interior, la estanqueidad y el aislamiento, son las bases para evitar que se produzca la condensación en las superficies, tanto horizontales como verticales.

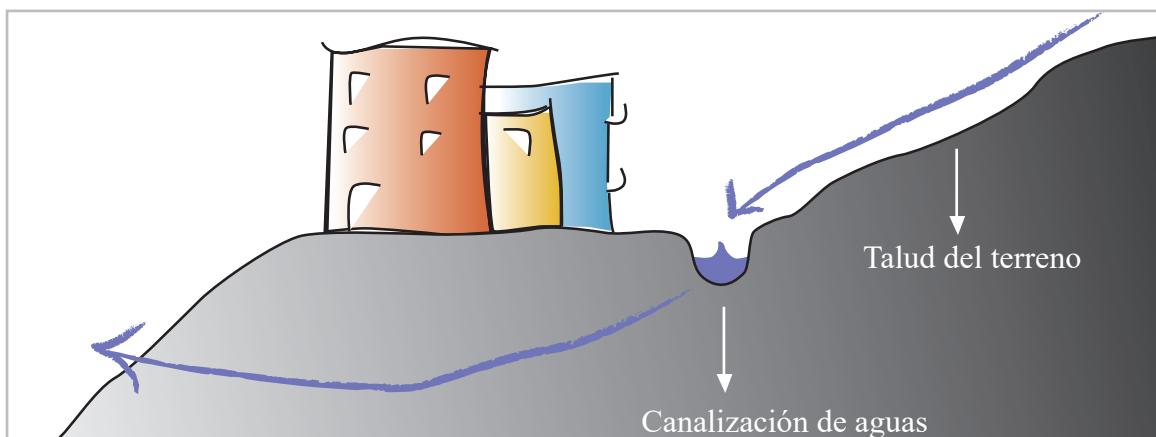
Pero el vapor de agua se difunde a través de los materiales entre sus capas, ofreciendo mayor riesgo los cerramientos en contacto con ambientes más fríos. Así en estos, junto con el aislamiento térmico que controla las diferencias de temperatura, se ha de controlar la diferencia de presiones de vapor con la interposición de barreras que dejen el vapor de agua en las caras que no han alcanzado la temperatura de rocío. La humedad por condensación no da lugar a confusiones cuando se produce en la superficie interior del cerramiento y ésta es impermeable; puesto que resulta un goteo inconfundible. Si dicha superficie es porosa, puede confundirse con capilaridad, filtración, humedad de obra e, incluso, accidental, según su localización, lo que obligará a un estudio de los gradientes de temperatura y la posible existencia de puentes térmicos. Dentro del espesor del cerramiento la confusión es más probable,



*Figura 4.33 Elementos de protección, encuentro entre muro y losa*



*Figura 4.34 Elementos de protección, encuentro entre losa y tubería*



*Figura 4.35 Sistemas de protección y evacuación*

sobre todo con las humedades accidentales, aunque su identificación es fácil cuando se trata de puentes térmicos, debido a su localización tan precisa.

Para el caso de los muros o paredes con manchas de humedad será imprescindible determinar su origen, teniendo presente que la humedad de condensación es característica de prácticamente todos los sótanos.

#### Evidencias

La sintomatología que es común hallar en este tipo de humedades está representada en: Presencia de agua (pequeñas gotas) en muros y ventanas con efecto lagrimero, empañado interior de vidrios o cristales y espejos; si no se da una rápida solución pos-

teriormente se producen pequeñas manchas circulares en las superficies, aparición de colonias de mohos (hongos), etc., que pueden producir infecciones respiratorias. Las humedades por condensación son comunes en zonas muy frías y poco soleadas, con un porcentaje de humedad ambiente alto y se producen por la diferencia de temperatura existente en el interior de la vivienda respecto al exterior, lo que acaba produciendo una condensación que es la que origina las citadas manchas.

Por ello, es muy importante prestar atención a otra serie de factores concurrentes:

- Localización de los síntomas (ambientes, elementos afectados, orientaciones)
- Materialidad constructiva - aislamien-



- to (coeficientes de transmisión térmica, existencia de barreras de vapor y de puentes térmicos)
- Condiciones climáticas (temperatura, humedad, asoleamiento, viento, precipitaciones, etc.)
- Condiciones de uso (actividad, hábitos de ventilación, tipo de calefacción).

En determinadas situaciones, las humedades de condensación pueden resultar generalizadas (por ejemplo en el caso de espacios con gran producción de vapor), o bien localizadas (en elementos con orientaciones desfavorables e insuficiente aislamiento térmico, puentes térmicos provocados por dinteles, vigas, columnas alojadas en muros, esquinas, etc.).

A veces, se busca en vano alguna falla exterior, y resulta que ésta no existe, porque en muchos casos sucede que los elementos de construcción, elaborados en concreto, son buenos conductores del calor, se enfrián tanto a causa de las bajas temperaturas exteriores que la humedad atmosférica producida en el interior de la edificación por el solo hecho de hallarse ésta habitada se condensa en forma de gotitas en las superficies de muros o paredes y cielo rasos. Es lo mismo que ocurre, con mayor evidencia, en los vidrios de las ventanas.

Si las manchas aparecen durante el período en el cual se utiliza calefacción en

los cielo rasos, vigas, dinteles de concreto, bordes junto a los marcos de las ventanas, y otros lugares cercanos a los paramentos exteriores, con seguridad la condensación es la causa de la humedad.

Los papeles pintados ennegrecidos alrededor de la ventana indican que hay humedad condensada porque el frío proveniente del exterior tiene allí, a través del marco de la ventana, un camino corto hasta la cara interna de la pared. A veces este lugar tan crítico está cubierto por un ancho listón tapajuntas, pero debajo de éste la humedad se condensa tanto como en el papel.

Para solucionar esto, en la próxima renovación del empapelado se deberá pegar, debajo de éste, en el lugar afectado, una placa aislante de poliestireno expandido.

El agua condensada en el interior de la edificación puede acarrear dificultades en el exterior. A veces, por ejemplo, la pintura de la fachada —cuya función principal es impedir el paso de la humedad hacia adentro— presenta ampollas y exfoliaciones porque al ser demasiado gruesa e impermeable evita también el paso de la humedad depositada en los capilares de la mampostería hacia el exterior. La pintura actúa entonces como una pantalla, debajo de la cual se condensa la humedad interna, que la levanta y destruye.

Para remediar esta situación se debe eliminar la pintura existente y sustituirla por otra a la cal o similar, también hidrófuga,



pero que no cubre herméticamente la superficie de la pared. Igualmente puede producir humedad la falta de una buena capa aislante de la temperatura, confiando excesivamente en la capacidad que en ese sentido tienen los ladrillos huecos, pero el mortero de las juntas se constituye en un puente para el frío y aparecen marcas de agua en el revoque de ambas caras de la pared. En estos casos, lo que falta es un buen aislamiento térmico.

#### Anulación de las causas

Dado que las humedades por condensación dependen no sólo de la composición de los elementos de cerramiento, muros y cubierta, sino de las condiciones higrotérmicas del espacio que envuelven, deberá analizarse el conjunto antes de determinar cuál es el modo de actuación más adecuado.

De acuerdo con el tipo de humedad de condensación se determinarán las acciones:

#### De la condensación superficial interior

La reparación debe abordar la colocación de un aislamiento térmico que garantice los parámetros mínimos, según la zona climática, la carga interna del espacio y la máxima transmitancia del elemento (Figura 4.39).

Existen dos líneas distintas de actuación para este tipo de humedad; la primera, evitando que haya condensación, impidiendo que se alcance la temperatura de rocío sobre el muro, para lo cual se debe:

- a. Aumentar la temperatura superficial interior del cerramiento con la aplicación de una hoja exterior de material aislante, llenando las cámaras de aire con espumas o colocando planchas aislantes por el interior del cerramiento.
- b. Disminuir la presión de vapor de agua del espacio bajo el supuesto de que se preserve su uso, para lo cual queda como recurso, disipar dicho vapor mediante la ventilación natural o mecánica.

La segunda, adecuando la superficie del cerramiento para la posible condensación, para lo cual se debe:

- a. Disponer de una superficie pulida e im-

permeable que no se vea afectada por el agua que se condensa sobre ella y que permita su secado y limpieza con relativa facilidad; esta acción contempla la preparación de la superficie para que el agua no le produzca lesión, puliendo el elemento a intervenir e impermeabilizándolo. Naturalmente esta actuación aduce al tratamiento de materiales con superficies porosas, que no pueden ser tratadas por medio del camino anterior.

- b. Proceder a impermeabilizar su superficie si el espacio lo admite mediante la aplicación de un acabado liso o pulido.

#### De la condensación intersticial

Si existiendo un adecuado aislamiento del conjunto se producen humedades por condensaciones intersticiales, habrá que hacer un análisis de la presión de vapor y temperatura de cada una de las láminas que conforman el cerramiento, para saber dónde se produce dicha condensación (Figuras 4.36, 4.37 y 4.38).

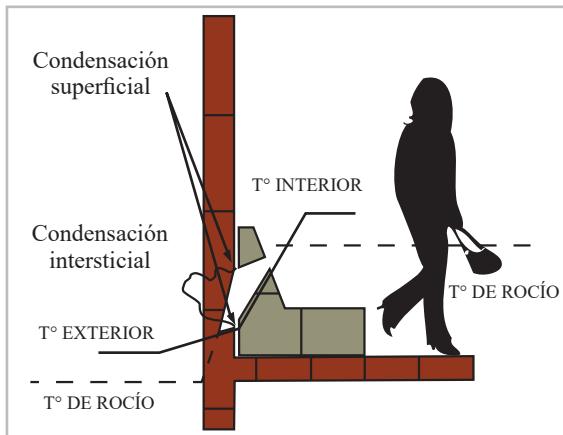
La actuación consiste en evitar que se alcance la temperatura de rocío en algún punto del cerramiento.

Se tienen tres posibilidades para ello:

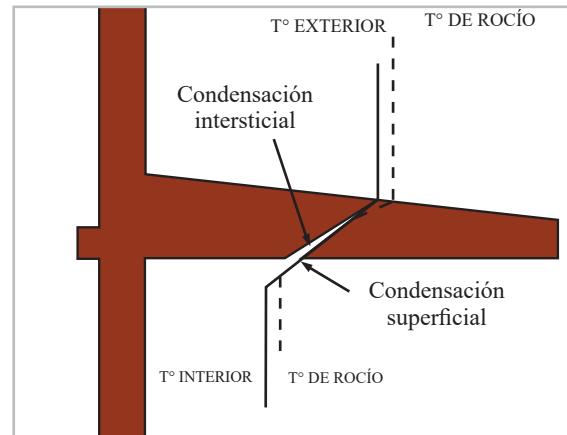
- a. Aumentar la temperatura general en el interior de la sección del cerramiento. Habrá que anular los puentes térmicos.
- b. Disminuir la temperatura de rocío en la misma sección. Se podrá utilizar una barrera de vapor, en el caso de la condensación sobre tubería empotrada, habrá que protegerla con coquilla de espuma plástica o de fibra de vidrio, con barrera de vapor exterior, y volver a tapar.
- c. Disipar el vapor de agua dentro del cerramiento hacia el exterior donde se produce la condensación. Para ello se introduce una cámara de aire en el interior del cerramiento, ventilada hacia el exterior (fachadas y cubiertas ventiladas).

#### De la condensación higroscópica

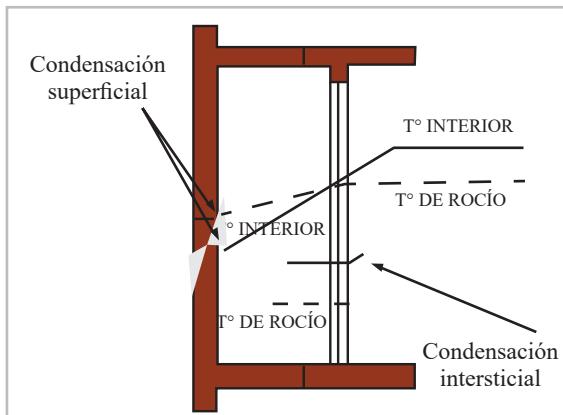
Hay que deshacerse de las sales higroscópicas contenidas en el acabado del cerramiento.



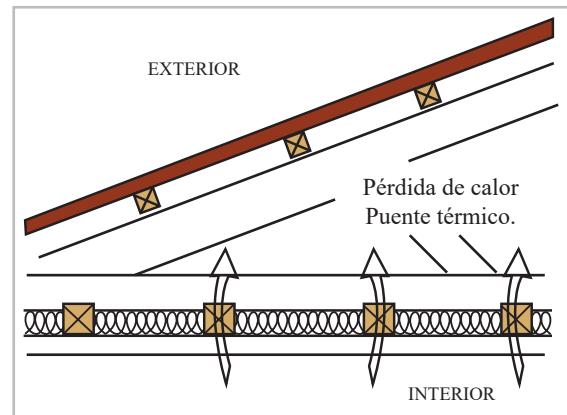
**Figura 4.36 Condensación superficial e intersticial**



**Figura 4.37 Condensación superficial e intersticial en cubierta**



**Figura 4.38 Condensación superficial e intersticial en closet**



**Figura 4.39 Puente térmico**

Para ello:

- Eliminar la capa de repollo o revoco que aloja las sales, demoliéndola y saneándola.
- Proceder, con base en algún sistema controlado, a humedecer el repollo o revoco para disolver las sales higroscópicas.

#### Reparación del efecto

La edificación necesita de un correcto aislamiento térmico de los elementos de cerramiento que están en contacto con el exterior, ya sean techos, muros y ventanas, mediante materiales para este fin colocados correctamente en las cámaras de ventilación o aislamiento y en las cubiertas; las ventanas

requieren de una lámina interior que realice rotura térmica en la propia perfilería.

Los casos de manchas o desprendimientos sobre superficies porosas a causa de la condensación por el incremento del aislamiento, o aumento de la ventilación, tendrán que repararse mediante la reposición de los acabados en cuestión. Si por el contrario la superficie interior ha sido impermeabilizada, dicha actuación constituye de por sí la reparación del efecto.

El tratamiento fundamental contra este tipo de humedad es mejorar las condiciones de ventilación de los espacios, para renovar la masa de aire y evitar el incremento de la humedad relativa. También es recomenda-



ble en los casos posibles, sustituir los acabados con superficies de materiales de alta conductividad térmica por otros de mejores propiedades aislantes, de modo que se reduzca la diferencia de temperatura entre el muro y el aire.

### Recomendaciones

Se aconseja, siempre que se pueda, aislar o ventilar el espacio, o en su defecto el uso de deshumidificadores, los cuales mejoran temporalmente los problemas de condensación.

Para los casos de condensación superficial interior, se podrá aumentar la temperatura interior a través de la superposición de elementos de aislamiento, teniendo en cuenta el grado de afectación de los mismos; para disminuirla, se optará por la adopción de ventilación natural o mecánica.

Cuando la temperatura interna de la pared alcanza el punto de condensación, se forman gotas de agua. Estas gotas humedecen los materiales de acabado y la solución para este problema sería una combinación de lo siguiente:

- Ventilación: Reducir la cantidad de vapor de agua en el aire.
- Aislamiento: Evitar que el aire del interior alcance el punto de condensación.
- Retardante de vapor: Evitar que el aire penetre en la estructura de la edificación.

**a. Ventilación.** Hay dos formas posibles: ventilación natural y ventilación mecánica.

El proceso de ventilación natural implica la salida y entrada de aire a la edificación. Puede llevarse a cabo a través de ventanas, ventiladores y pozos de aire. No olvidar que se debe adaptar la ventilación al tipo de actividades que se realizan en cada ambiente en particular. Bañarse, cocinar y lavar la ropa producen más humedad que otras actividades por lo que es necesario evacuar la humedad de la edificación para obtener un clima interior agradable (Figuras 4.40, 4.41, 4.42 y 4.43).

La ventilación mecánica implica la salida y entrada de aire en la edificación por medios mecánicos. Los sistemas de ventilación mecánica están equipados con motores eléctricos que activan ventiladores; el aire es puesto en movimiento y es renovado en toda la edificación. Los sistemas de ventilación mecánica aseguran la circulación permanente del aire dentro de él; gracias al nivel de adaptación del aire puro, la circulación no depende de condiciones climáticas externas. El objetivo del sistema es siempre lograr un equilibrio entre la eficiencia del equipo (suficiente aire puro, suficiente movimiento de aire) y una pérdida mínima de calor.

**b. Aislamiento.** Una vez que está debidamente instalado, y siempre que el material tenga las características y el grosor adecua-

do, éste eliminará los problemas de condensación en superficies frías. El material colocado deberá por lo tanto minimizar el riesgo de daños por agua en los muros y el cielo raso, brindar eficiencia térmica, la cual reduce pérdidas o incrementos de calor no deseados desde los equipos y tuberías. Esto resulta en un menor consumo de energía, cuentas de gas más baratas y una reducción en la transmisión de calor a través de los muros o paredes.

El aislamiento no sólo ayuda a controlar el flujo de calor en la edificación sino que permite controlar el movimiento de la humedad y vapor de agua que genera una familia, o el personal de una oficina durante sus actividades diarias.

**c. Retardante de vapor.** Para reducir la posibilidad de condensación en la parte interna del material de superficie se puede utilizar lana de vidrio como complemento al sistema aislante, la cual no sólo actúa como retardante de vapor, sino que brinda aislamiento térmico y acústico.

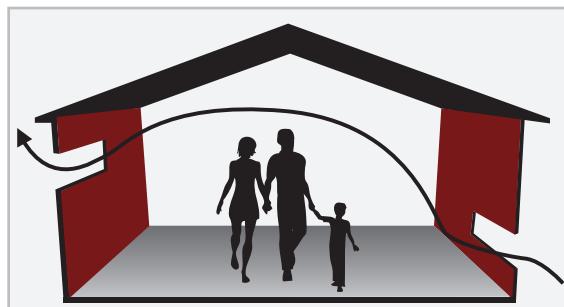


Figura 4.40 Ventilación cruzada

La humedad relativa dentro de una edificación dependerá del porcentaje de humedad del aire exterior, la frecuencia de ventilación, el nivel al cual se pierde la humedad a través de los muros de ésta y el porcentaje de humedad que se incorpora al aire dentro de ella. El aire en el exterior depende de la estación de que se trate; así, la humedad relativa varía mucho de invierno a verano.

Para evitar que se presenten humedades por condensación suele también recomendarse las siguientes acciones:

- Colocar en la cara caliente del elemento una eventual barrera de vapor.
- Instalar en la cara fría del elemento aislantes térmicos, salvo que estos posean una elevada resistencia a la difusión del vapor de agua.
- Posibilitar la eliminación de vapor de agua hacia el exterior si las capas cercanas a la capa fría son de menos resistencia a la difusión del vapor. Sin embargo, la capa externa debe ser suficientemente impermeable a la lluvia.
- Colocar ventilación al exterior a todo ele-

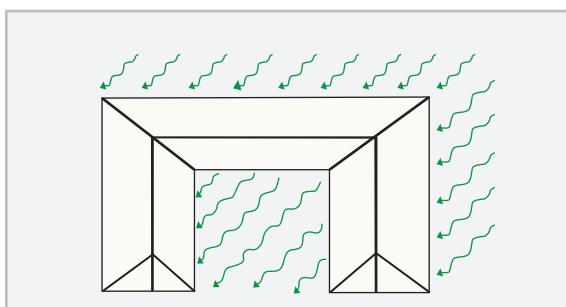


Figura 4.41 Incidencia del viento en la edificación

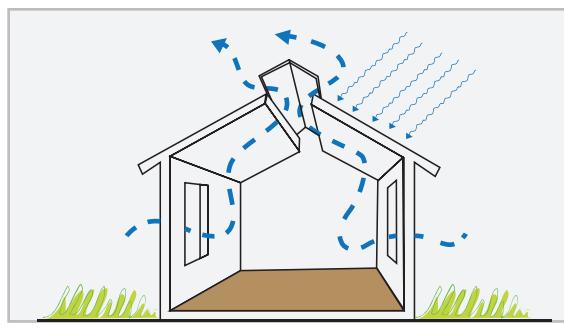


Figura 4.42 Extracción superior



Figura 4.43 Patios interiores

mento o actividad que pueda aportar vapor de agua al ambiente de la edificación (calefactores de gas, lavado, secado y planchado de ropas, cocina, duchas, etc.).

¿Pero cómo tratarla si no se tuvieron estas consideraciones a tiempo? Utilizando alguno de los siguientes productos:

- Un revoque hidrófugo
- Pintura o barniz impermeabilizante
- Revoque monocomponente hidrófugo, a base de dispersión de resinas sintéticas
- Fibra de vidrio impregnada y reforzada con resinas acrílicas entre dos capas de revoque hidrófugo
- Lámina de poliéster copolimerizado entre dos capas de revoque hidrófugo.

Finalmente, ¿cómo pueden prevenirse las humedades por condensación? (Figura 4.44). A continuación se encuentran algunos consejos que pueden tenerse en cuenta para evitar que se produzca humedad por condensaciones en las edificaciones:

- Garantizar la ventilación correcta y la aireación de los espacios.
- En el caso de las habitaciones, es conveniente que posean ventilación cruzada interior, generando circulación y renovación de aire en todos los sectores de la vivienda (Figura 4.40).
- Un buen asoleamiento de la edificación disminuye posibles condensaciones.
- Toda actividad que pudiese generar vapor de agua al ambiente de la vivienda, deberá tener ventilación hacia el exterior (calefactores de gas, lavado, secado y planchado de ropas, cocina, duchas, etc.).
- Evitar la formación de puentes térmicos en muros, pretilles, azoteas y techos.
- Disponer de buen sistema de calefacción, erradicando estufas a butano.
- Correcto empleo de elementos aislantes, ventilaciones y barreras de vapor.
- Si la humedad de las paredes se debe a la condensación, una vez limpia y seca, es preferible pintarla con pinturas especiales anticondensación.

## HUMEDAD ACCIDENTAL O DE USO

Las filtraciones producto de las fugas en las redes no sólo afectan a la edificación y al usuario, sino que también pueden llegar a incidir en el suministro del agua potable en la ciudad en épocas de baja captación de la misma, por disminución del volumen de ésta en el sitio de la bocatoma.

Igualmente muchos de los procesos patológicos que suelen presentarse en las edificaciones y que limitan la vida útil de las partes del sistema hidrosanitario son producto de que no se haya tenido en cuenta el mantenimiento desde la etapa de proyecto, lo cual también dificulta la toma de decisiones en cuanto a la factibilidad de mantener, reparar o sustituir.

La prevención en este tipo de humedades es una de las más claras y sencillas; unas pocas medidas sirven para evitar las causas de daños o deterioros que son de origen mecánico, debidas a acciones exteriores o esfuerzos propios, y las de origen químico que generan corrosión en elementos estructurales o no estructurales.

En las edificaciones se presentan filtraciones producto del funcionamiento u operación de los sistemas y redes de abastecimiento de agua potable, de evacuación de aguas servidas y de agua lluvia. Un buen porcentaje de estas filtraciones son causadas por los sistemas hidrosanitarios, debido a las fallas, a los desperfectos que en estos tienen lugar durante la prestación del servicio, y que al encontrarse generalmente soterrados o empotrados el usuario rara vez puede tener noción de su comportamiento hasta cuando se produce el fallo.

Muchas veces en los casos de filtraciones resulta más complicado detectar el punto preciso de las mismas que repararlo; esto se debe a que el agua impregna los muros y el relleno de los pisos o de los entresuelos, apareciendo las manchas en puntos alejados al sitio en donde se produjo la rotura de la tubería. La filtración se manifiesta con intermitencias en cuanto a valores alcanzados en distintos días y horas e igualmente las zonas

de aparición pueden ser más o menos extensas, con valores de humedad muy disímiles en cuanto a su distribución en los muros, pisos y losas, dado que ésta dependerá de su fuente.

Existen numerosos problemas de humedad originados en ingresos accidentales de agua producto de:

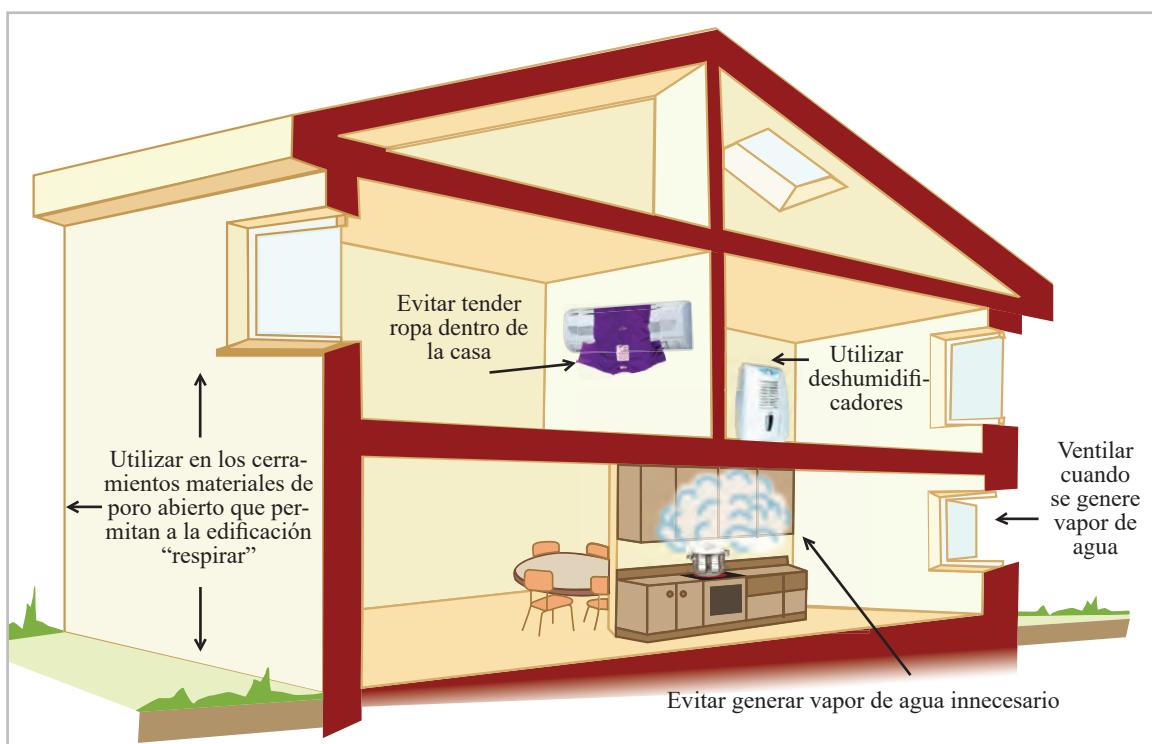
- Una rotura o fisura de una tubería, de las uniones, de las ramificaciones con codos, térs, curvas etc., que generan filtraciones, debilitamiento de la superficie, abultamiento, englobamiento de la pintura, eflorescencias y disagregación del material. En el peor de los casos es una entrada franca de agua que se puede palpar.
- Los muros medianeros, la unión de muros con techos con pendiente, el desborde de canales y bajantes.
- La unión entre la taza y el desagüe, la taza y el tanque de aparatos sanitarios (inodoros, bidés), la pérdida de sellado o pastina en uniones horizontales de bañeras, lavabos y baños.

ras, etc. que pueden ser causa también de humedad.

Cuando se tienen problemas de humedad hay que realizar un muy buen diagnóstico de éstos. Golpee la pared y escuche el ruido en derredor de la mancha, utilice un detector de metales para identificar la presencia de tubos, o un detector de humedades, haga pruebas con agua, sea muy observador los días de lluvia, revise cada opción que se le ocurra antes de comenzar a romper. Sepa que una evidencia de humedad puede estar a muchos metros respecto de su origen. El agua corre pegada a diferentes conductos ya sean estos eléctricos, de comunicaciones o de aireación. Cuanto más claro se tenga el origen, más fácil será la estrategia para solucionarlo.

#### Evidencias

Las humedades accidentales o transitorias se manifiestan por la aparición de man-



*Figura 4.44 Protección frente a la humedad - Modos de eliminarla*

chas negras o blancas, o con polvo de humedad en muros y techos con forma circular alrededor del punto de rotura o manchas de forma alargada que coinciden con la dirección del conducto afectado. Si continúa la salida de agua, la mancha llegará a gotear en un punto que esté próximo a la rotura, occasionando destrucción de enlucidos, revocos y enfoscados, desprendimientos de partes dañadas por falta de adherencia en paramentos y cielo rasos con humedades, síntomas de disgregación superficial en morteros, saturación de la fábrica de ladrillo, aparición de eflorescencias por el transporte de sales desde el interior de los elementos lesionados a la superficie, putrefacción de la carpintería de madera. Si la situación no se corrige, el ingreso de agua en la edificación causa debilitamiento estructural y hasta puede producir fisuras, fracturas o desprendimientos.

### Anulación de las causas

La solución a este tipo de humedad suele ser puntual: se localiza el sitio preciso de la filtración y se reconoce su causa para entonces proceder a su reparación. En ocasiones resulta ser una intervención sencilla, eliminar la obstrucción de un conducto, reemplazarlo, etc., en otras ocasiones requiere trabajos de mayor envergadura como sustituciones parciales o totales que obligan a una reparación integral, con el cambio de todo el conjunto del sistema.

A continuación una guía para detectar posibles ingresos de humedad accidental en la edificación o en una de sus partes:

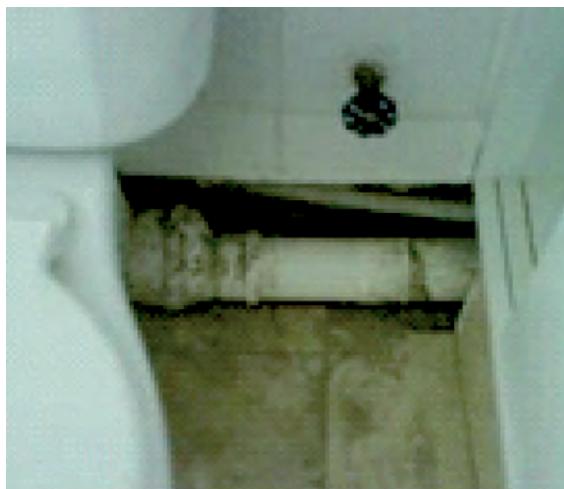
- Verifique si existe alguna gotera oculta. Primero, cierre los grifos, desconecte todos los aparatos que requieren de agua y no utilice los inodoros por una hora. Luego, registre la lectura del medidor de agua. Si el indicador de caudal (botón giratorio romboidal o triangular) está girando o la lectura del medidor se ha modificado mientras no se ha utilizado agua, probablemente haya una tubería averiada.
- Si la posible fuga procede de la red sanitaria, chequee aparato por aparato, adi-

cionándole al agua azul de metileno o algún colorante para cuando la mancha aparezca nuevamente se pueda identificar de cuál aparato proviene la filtración.

- Verifique en los planos hidráulicos y sanitarios, si los tiene, el recorrido de las redes de cada uno de ellos en la edificación o en la parte de ella donde se ha presentado la filtración o la posible fuga.
- Aíslle los diferentes tramos, cierre las llaves de paso, analice la situación como si fuera un procedimiento científico. La presencia de agua puede manifestarse a gran distancia.
- Imagine los posibles recorridos. Sea minucioso, observe y estudie qué sucede al día o días siguientes.
- No se deje guiar por personal que le indique como primera medida picar revocos o retirar baldosa o enchapes.
- Si sospecha de riegos excesivos, falta de mantenimiento en terrazas, cubiertas, etc. simule lo provocado con una manguera y estudie el resultado. Vale más retrasar unos días los trabajos a renovar los acabados de toda la edificación.
- Analice los caudales, la época del año, los tiempos de aparición, el olor, el color del agua para imaginar su procedencia. Estudie los cambios en los linderos de las edificaciones.
- Analice las formas de los elementos de fachada. Es común el ingreso de agua cuando la película de agua que corre verticalmente por un muro se encuentra repentinamente con una cornisa o reborde.

En el momento en que ya no exista humedad deben retirarse aquellos materiales que han perdido cohesión o están disgregados. Debe golpearse la superficie con el nudillo de los dedos de la mano; si suena hueco o se observa que el sonido difiere del material que está alrededor, retírelo, píquelo y rehágalo. Luego de esto puede proceder como si fuera nuevo.

Las roturas de las tuberías de conducción de agua potable pueden ser producidas por la corrosión o el deterioro del material. Cuan-



do ocurren con cierta frecuencia el único medio radical es su renovación, utilizando materiales incorruptibles como el cobre y el plástico.

En los países o regiones de invierno riguroso las roturas de las tuberías de conducción de agua se producen frecuentemente como consecuencia del congelamiento del agua depositada en el interior de las mismas. Son afectadas en especial las tuberías empotradas en los muros o paredes exteriores, las colocadas en sótanos muy fríos, las válvulas y demás instalaciones ubicadas fuera de la edificación.

Las roturas pueden producirse en cualquier momento del período frío, cuando la presión ejercida por el aumento de volumen del agua helada es mayor que la resistencia del metal del tubo. Pero muchas veces la rotura se nota recién hacia el final del invierno, porque hasta entonces el hielo la mantiene cerrada.

Si sólo están amenazados por la congelación algunos tramos de la tubería, éstos pueden vaciarse y cerrarse. Si ello no fuera posible, se abre un poco la válvula de salida para que el agua siga en movimiento y le sea así más difícil congelarse.

Las cajas de conexión o las que contienen válvulas, expuestas a la intemperie, se llenarán con un material aislante, como turba o aserrín, y las cañerías en los sótanos se proveerán de un aislamiento térmico especial o, por lo menos, se envolverán provisio-

nalmente con paja, frazadas o bolsas viejas. En el caso de los sótanos también debe cuidarse de cerrar bien las ventanas y obturar las rendijas.

Las tuberías congeladas deben deshelarse lentamente y con cuidado, abriendo la válvula de salida y calentándolas desde ese punto con paños embebidos en agua caliente que se renuevan continuamente. Si se utiliza un soplete, se debe evitar que la tubería se rompa al ser sometida a las tensiones creadas por las grandes diferencias de temperatura.

La eliminación de las causas estará asociada a su origen; puede ser por rotura por sobretensión, por acción mecánica o por corrosión.

**a. Rotura por sobretensión.** Si los conductos no han sido colocados con la holgura suficiente para su correcta dilatación y contracción, habrá que introducirla una vez cambiada la pieza rota. La introducción de holgura es fundamental en el encuentro con elementos estructurales y en todo tipo de cruces, empalmes y piezas de encuentro entre los conductos de la red o redes.

**b. Rotura por acción mecánica.** Se trata de evitar la acción directa de los movimientos de la obra sobre el conducto. Habrá que proteger mediante elementos rígidos y protecciones metálicas.

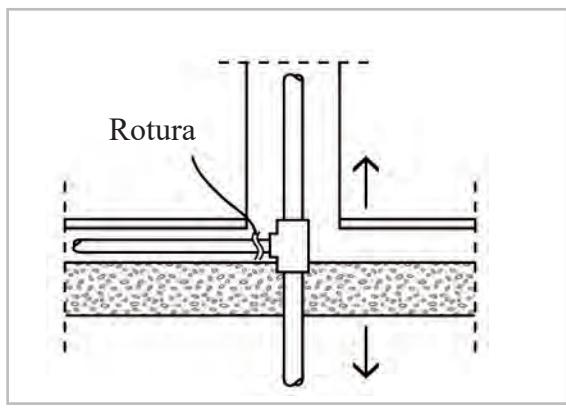


Figura 4.45 Unión rígida

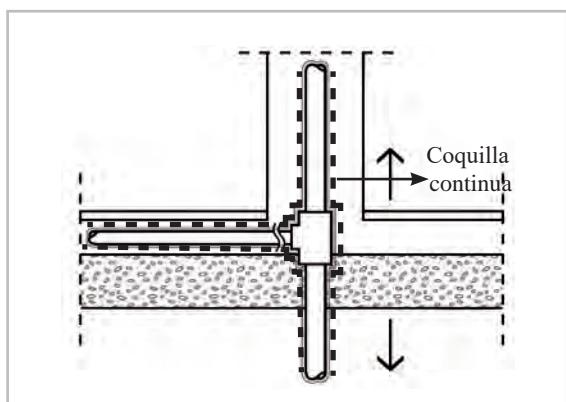


Figura 4.46 Holgura en todos los sentidos

**c. Rotura por efectos de corrosión.** Se debe efectuar un estudio concreto de la causa de la corrosión:

- Si se trata de un problema de constitución de la propia tubería, habrá que cambiar todos los conductos que estén en la misma situación.
- Si el problema está en la aparición de un par galvánico, habrá que introducir un manguito aislante entre los dos elementos que lo forman.
- Si la corrosión aparece por la superficie exterior del conducto por acumulación de humedad, se procederá a la limpieza total de la superficie e independencia de toda la tubería de dichos ataques mediante su protección con coquillas.

#### Reparación del efecto

Es costumbre reparar los daños producidos sin haber detectado el origen del problema, craso error porque el goteo o la mancha con el tiempo volverán a presentarse debido a que la causa o las causas no han sido corregidas.

Anulada la causa o las causas se procede a reparar la superficie, teniendo en cuenta que para cada una de ellas se hayan corregido las acciones que las originaron; además de que previamente se haya impermeabilizado la estructura o la base del soporte.

#### Recomendaciones

Las medidas de prevención en este tipo de humedad están orientadas a evitar que

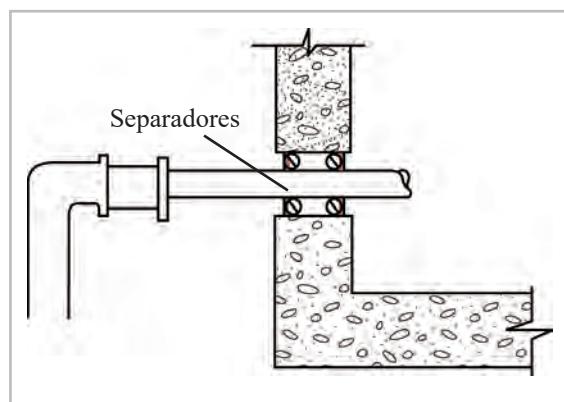


Figura 4.47 Reparación del efecto

se presenten lesiones o roturas de orden mecánico y químico, las primeras por acciones externas o esfuerzos propios y las segundas por corrosión de los conductos.

**a. De orden mecánico.** En relación con las causas mecánicas producto de los movimientos de los elementos constructivos adyacentes o de los movimientos de dilatación y contracción del propio conducto, la solución está en introducir una holgura suficiente entre el tubo y la sujeción; si ésta es continua y se encuentra empotrada en un elemento de cerramiento horizontal o vertical, la holgura se obtendrá mediante la instalación de una coquilla continua de espuma plástica de PVC o de fibra de vidrio, o incluso rígida que permite, por una parte, su dilatación y contracción y, por otra, que no se vea afectada por el movimiento que puedan tener los elementos de cerramiento.

Si la sujeción es puntual, la coquilla se instala bien sea en la abrazadera o en un elemento estructural, columna, viga o losa. En este caso se puede recurrir a colocar pasatubos en el momento de fundición del elemento; éstos pueden ser de PVC o de metal de diámetro mayor que el tubo o conducto. Cuando las tuberías están a la vista y por lo tanto al alcance de posibles impactos por el paso de personas o de vehículos hay que protegerlas de modo continuo; si están a nivel de piso con tuberías metálicas de mayor diámetro o puntual, si están sobre muros. En este caso la protección se puede reducir a las partes bajas mediante tubos de acero o de hierro fundido de diámetro mayor o por medio de rejas.

**b. De orden químico.** En relación con las causas de orden químico hay que diferenciar dos tipos de casos: las que tienen origen por una agresión externa o por una agresión interna. Para prevenir agresiones externas se debe proteger todos los tramos de la tubería contra la corrosión mediante el uso de productos fabricados con este fin, incluso se recomienda que si la tubería va a estar embedida en mortero o en concreto también se le

proteja con este tipo de productos. Además de esta protección directa sobre la tubería es conveniente colocar una coquilla continua de espuma para evitar posibles contactos con materiales que sean agresivos y estén próximos a ellas, como el yeso. También hay que evitar el contacto directo de la tubería con las abrazaderas cuando éstas sean metálicas, colocando aislantes entre ellas.

Para prevenir la corrosión interior producto de los fluidos que circulan a través de las tuberías o la posibilidad de que se presenten pares galvánicos se debe analizar, en primer lugar, la posible agresión química del fluido hacia la tubería para garantizar su ausencia e instalar manguitos aislantes entre los materiales metálicos de distinto potencial para que no exista ningún contacto entre ellos.

#### HUMEDAD DE OBRA

La coloración de los materiales, la fabricación de pastas y morteros, los concretos, etc., tienen un proceso de secado muy lento. Al ocupar la edificación sin haber concluido este proceso, la producción de vapor propia del uso dificulta el secado; así mismo, la aplicación de revestimientos decorativos impermeables lo obstaculizan. Se pueden llegar a formar zonas húmedas, generalmente en caras inferiores de las losas de entrepiso o de cubierta, por filtración y distribución de la humedad en ellas.

Este tipo de humedad se descarta en edificaciones no recientes, puesto que sólo puede aparecer al terminar la obra. No obstante, es fácil confundirla con humedades de condensación o de capilaridad, por lo que en estos casos se debe realizar un estudio acerca de la posibilidad de condensación y comprobar también la humedad por capilaridad. Como medida general, se debe asegurar que el cerramiento se mantenga seco durante 30 días después de terminado el secado, a pesar de seguir el espacio en uso o de presentarse un nuevo período de lluvias. Sólo entonces se podrá confirmar si la humedad era de obra o no.

El secado de las obras nuevas tarda a menudo más de lo que generalmente se supone. De gran influencia, en este sentido, son la estación del año y el estado del tiempo durante la construcción, el espesor del componente o elemento y el tipo de edificación. Hasta que la obra esté completamente seca pueden transcurrir un año.

### Evidencias

Cuando hay humedad de obra no hay manchas aisladas, sino una inusitada humedad general: papeles pintados desprendidos; moho negruzco cerca de las paredes exteriores y de los pisos; maderas hinchadas en las ventanas, puertas y muebles; encapados alabeados, etc.

En los revestimientos, la humedad suele surgir como consecuencia de la aplicación de un acabado superficial antes de conseguir el secado suficiente del soporte; por lo tanto, por principio, la reparación se encaminará al adecuado secado de dicho cerramiento, ya sea éste horizontal o vertical a fin de alcanzar su correcto equilibrio y posteriormente a reponer el acabado.

### Anulación de las causas

Para efectos de reparación, el primer paso es analizar si el acabado debe o no eliminarse; si la aplicación de dicho acabado se hizo con premura al tiempo de secado y trabajo consigo la imposibilidad de aireamiento por la aplicación del revestimiento, el cual produjo una barrera, lo que debe hacerse es el correspondiente picado de la pintura o levantamiento de ésta, según proceda, dando lugar a que el secado se haga bien sea a través de ventilación natural o por ventilación artificial.

Para el proceso de secado hay que considerar: el grado de humedad existente, el tiempo de que se dispone para la reparación, el ambiente climático (humedad relativa), los medios económicos con que se cuenta.

Para los casos que no se considere indispensable el levantamiento del revestimiento (sólo aconsejable en algunos enchapes), debe tenerse en cuenta que la intervención

puede no garantizar la eliminación completa de la humedad, por lo que resulta muy aconsejable la exclusión parcial o total del revestimiento de la zona afectada. Una vez conocido el porcentaje de humedad contenido y en función del material y tipo de pintura, podrá darse paso al secado a través de medios artificiales, con calefactores, deshumidificadores y electroosmosis o a través de la ventilación natural, mediante aireamiento.

**a. Aireación natural:** El tipo de secado por ventilación natural se realiza haciendo una serie de agujeros uniformemente distribuidos en la zona húmeda, con los cuales aumenta la superficie de evaporación y la aproxima al núcleo del elemento, donde suele estar más concentrada la humedad. Si la aireación es temporal, basta con el orificio practicado directamente, que después se cubre al rehacer el acabado. Si se pretende dejar la aireación permanente deberemos introducir unos tubos perforados que permitan el secado continuo.

**b. Secado artificial:** El secado artificial se hace mediante la extracción acelerada de la humedad. Existen varios procedimientos, de los cuales los más corrientes son:

- **Los calefactores:** Que proyectan aire caliente sobre la superficie del cerramiento.
- **Los deshumidificadores:** Que absorben la humedad.
- **La electroosmosis:** Que evita el ascenso de agua de capilaridad y elimina la humedad a base de hacerla pasar a otro elemento en contacto con el cerramiento, normalmente el terreno próximo, mediante la creación de una “pila electroosmótica”.

Para corregir la humedad de obra se tratará de acelerar el secado de la construcción mediante una calefacción exagerada, apartando además los muebles de las paredes unos 20 o 30 centímetros, para facilitar la circulación del aire caliente por las habitaciones. Esto no significa, sin embargo, que

deba exagerarse la ventilación de los ambientes durante el tiempo seco.

El moho y las eflorescencias en el revoco se eliminan cepillándolos reiteradamente en seco, y los papeles desprendidos se reponen después que todo se haya secado.

Hasta ahora, el mantenimiento y saneamiento de edificaciones con problemas de humedades sólo se podía resolver mediante obra. Actualmente se ha desarrollado una nueva técnica de secado, que se basa en el principio físico de la electroosmosis, y permite solucionar los problemas de humedad ascendente sin ningún tipo de obra y sobre cualquier clase de material poroso, como hormigón, ladrillo, piedra natural o muros mixtos.

El principio de la electroosmosis dice que si se conecta una corriente eléctrica a los extremos de un capilar, se desplaza el líquido del polo positivo al polo negativo. Este principio es aplicado por la técnica deshumidificadora de muros de AQUAMAT®. Gracias a ello, el equipo deshumidificador AQUAMAT® es capaz de devolver la humedad a la tierra (Figura 4.48).

Para ello se carga el muro de energía positiva, el polo negativo es la tierra. En cuanto se instala y activa esta técnica, comienzan a desplazarse las moléculas de agua de vuelta hacia la tierra. El agua fluye del muro, cuya carga es positiva, a través de los capilares, a la tierra, que hace de polo negativo, y el resto se evapora.

De esta manera se consigue secar los muros, eliminando las humedades de capilaridad en sótanos, plantas bajas y el suelo de la vivienda de manera definitiva. Esta nueva tecnología de AQUAMAT® permite la posibilidad de secar muros y sótanos, de manera fácil y sin obra.

#### **Reparación del efecto**

Al eliminar la causa de la lesión, se podrá proceder a la corrección del efecto. Si se había optado por retirar el acabado afectado y causante de la lesión, basta con limpiar y disponer la superficie que se va a re-

componer. Si se trata de un área localizada, la sugerencia es llegar a alguna junta, para resolver el aspecto estético de la zona tratada. De cualquier modo, la aplicación del nuevo acabado debe ceñirse a las normas de correcta ejecución y ajustarse a las especificaciones pertinentes.

La prevención consistirá en asegurarse de que el cerramiento en cuestión está suficientemente seco cuando se le vaya a aplicar el acabado correspondiente.

#### **HERRAMIENTAS DE DETECCIÓN DE HUMEDADES**

Para contribuir a la conservación de las edificaciones se han diseñado sistemas de detección de filtraciones de agua que son de gran ayuda para identificarlas. Estos sistemas pueden ser activos o pasivos.

#### **Sistemas pasivos de detección de filtraciones**

Estos sistemas, también llamados “alarmas de agua”, están diseñados para alertar sobre una posible filtración de agua. Se caracterizan por:

- Ser sistemas conformados por unidades autónomas que funcionan con batería. Tienen un sensor de humedad en la parte inferior del equipo que activa la alarma cuando éste se humedece; la alarma puede ser sonora o lumínica (producir una luz intermitente).
- Los detectores de agua son económicos y fáciles de instalar. Se pueden colocar sobre el piso o montar sobre los muros.
- Deben ubicarse en zonas de alto riesgo como, por ejemplo, debajo de fregaderos y cerca de los aparatos o equipos que utilizan agua.
- Este dispositivo es ventajoso sólo si hay alguien dentro de la edificación que escuche la alarma y actúe.

Los dispositivos que funcionan con batería necesitan ser verificados regularmente y las baterías deben remplazarse periódicamente.

### Sistemas activos de detección de filtraciones de agua

Estos sistemas habitualmente generan algún tipo de alarma, pero también realizan una función que detendrá el flujo del agua a partir de una válvula de cierre y un medio para determinar que hay una gotera. La mayoría de los dispositivos usan sensores de humedad para detectar una filtración. Otros sistemas utilizan un sensor de caudal y un temporizador para determinar que algo está filtrando y que es necesario cerrar el agua. Un sistema activo de detección de filtraciones puede operar para un dispositivo individual o puede controlar toda una propiedad.

**Sistemas para aparatos individuales.** Estos sistemas están diseñados para detectar una filtración en un aparato específico ya sea un electrodoméstico, como una lavadora de ropa o de platos, y en caso de que haya una gotera, cortan automáticamente el suministro de agua.

Dependiendo del tipo de dispositivo, este sistema se puede instalar sin necesidad de usar herramienta específica. Sin embargo, probablemente requiera de la asistencia de un plomero calificado.

**Sistemas para toda la edificación.** Los sistemas para toda la edificación cortan el servicio principal de agua al detectar una filtración; cuentan con una válvula de cierre que se instala en la tubería principal del suministro de agua; cuando detecta una gotera, el sistema automáticamente corta el suministro de agua por completo.

Esta válvula generalmente requiere servicio eléctrico de 115 voltios. Algunos modelos cuentan con una batería de emergencia cuando hay fallas en la energía. Por lo general, los sistemas de detección de filtración de agua para toda la edificación requieren de cuatro a seis horas para su instalación.

Algunos sistemas que utilizan sensores de filtraciones también tienen sensores de temperatura. Si la temperatura en el (los) sensor(es) de la edificación desciende por debajo de una temperatura específica, el sistema de detección enviará una alarma y cerrará la válvula de servicio para disminuir o prevenir los daños si las tuberías congeladas se revientan.

Para garantizar su buen funcionamiento se recomienda que periódicamente se realicen pruebas y limpiezas al dispositivo o sistema.

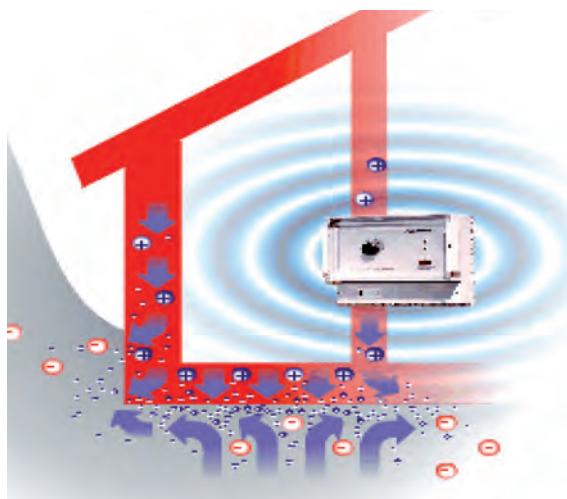


Figura 4.48 AQUAMAT®, deshumidificador de muros y sótanos



## CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO

En nuestro clima cálido tropical, la solución de cubierta, de fachada, del piso exterior tiene una importancia significativa dado que cada una de estas superficies están sometidas a distintos grados de agresión meteórica. De un lado están aquellos elementos de protección horizontal representados en aleros, retranqueos, caballetes, voladizos, etc., cuyas características hacen que la edificación tenga un mejor comportamiento ante acciones originadas por el medio ambiente, que la hacen menos vulnerable, más durable.

Cuando se diseña una edificación nueva o se interviene una ya existente se debe tener en cuenta el comportamiento hídrico, tanto de los materiales como de cada elemento o parte de ella, lo cual implica que en los procesos de diseño se tenga en cuenta áreas de transición, protecciones perimetrales, obras de guarnición tales como corta goteros, alfajías, botaguas o vierteaguas, zócalos, andenes perimetrales, elementos de coronación de muros, tales como remates, sombreros, rebordes inferiores de protección de muros, sellos de juntas, retranqueos para las ventanas, gárgolas, bajantes, canales, rebosaderos, sumideros, entre otros elementos.

Para garantizar un buen comportamiento hídrico de la edificación, corregir y evitar su deterioro en el tiempo, lo mejor es que el agua no esté presente; es decir, que no la toque, si la toca que no penetre, que si penetra no se traslade, o sea, no circule, y que si cir-

cula se mueva para que se evapore rápidamente. Para que esto ocurra, necesariamente se debe evitar su presencia en cualquier estado (sólido, líquido, gaseoso), aislarla del elemento constructivo para que no penetre, usando materiales impermeables y estancos, sellando los poros y cualquier vía de penetración e impidiendo su circulación y difusión; finalmente, garantizando un buen secado a partir de una buena asoleación y ventilación para una rápida evaporación.

Para el desarrollo de este capítulo se ha tomado como referente el CTE [Código Técnico de la Edificación (2006) de España], Artículo 13.1, Exigencia básica HS1: Protección frente a la humedad. En él se revisarán y analizarán los elementos constructivos que están expuestos o en contacto directo con el agua: cimentaciones y sótanos, fachadas y cubiertas.



Las recomendaciones de diseño están orientadas a limitar el riesgo de deterioro y degradación por la presencia de agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo de los medios de protección y evacuación que impidan su penetración y, por ende, no se presenten en ellos daños ni lesiones.

### CIMENTACIONES Y SÓTANOS

Hoy en día, un buen número de edificaciones se construyen de uno o varios pisos bajo rasante, en continuo contacto con la humedad del terreno, hecho que se ve agravado cuando están situados por encima del nivel freático. Debido a ello, los muros de sótano deben ser diseñados para evitar la posible filtración de agua o la aparición de manchas producto de humedad.

En el diseño de cimentaciones y construcciones subterráneas, tales como muros, debe establecerse un buen sistema de impermeabilización que impida la penetración de agua desde el suelo hacia la estructura.

Una capa de grava o gravilla limpias bajo cimentaciones y pisos resulta muy útil cuando se requiere cortar el acceso de agua libre por capilaridad desde la base, pero no impide el paso de vapor de agua, de agua a presión, ni la penetración de agua por los costados de las cimentaciones.

Por lo anterior, es recomendable impermeabilizar la masa de los concretos de las

cimentaciones y de las construcciones subterráneas, tales como muros en ambientes húmedos.

Para disminuir o eliminar, debe tenerse en cuenta el diseño del muro desde tres aspectos fundamentales:

- El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos que estarán en contacto con el terreno frente a la penetración del agua de éste y de las escorrentías, el cual se obtiene en función de la presencia de agua y del coeficiente de permeabilidad del terreno.
- La previsión de un drenaje capaz de evacuar el flujo de agua, ya sea proveniente del nivel freático, aguas subterráneas o simplemente aguas de lluvia.
- Contemplar las medidas necesarias para conferir un carácter hidrofugante al muro.

De acuerdo con lo anterior, las condiciones exigidas a cada solución constructiva estarán en función del tipo de muro, del tipo de suelo, su grado de impermeabilidad y el tipo de intervención en el terreno.

La prevención de este tipo de patologías debe abordarse desde tres frentes distintos:

- Análisis de las características del suelo.
- Diseño y ejecución de un sistema de drenaje.
- Diseño y ejecución de un sistema de impermeabilización de la superficie.

#### Características del suelo

Según la información suministrada por el estudio de suelos y dependiendo de sus características, se utilizará el suelo en su estado natural o se determinarán las acciones requeridas para su transformación y mejoramiento, las cuales dependerán del tipo de cimentación, su constitución y su impermeabilidad:

**a. Tipo de cimentación:** Dependiendo de sus características, las acciones estarán orientadas a mejorar sus condiciones, por lo que se debe:



- Si el cimiento se construye *in situ*, utilizar concreto hidrófugo de elevada compacidad y de retracción moderada.
- Realizar una hidrofugación complementaria del cimiento mediante la aplicación de un producto líquido colmatador de poros sobre la superficie terminada del mismo.

**b. Impermeabilización:** El cimiento debe impermeabilizarse externamente mediante la disposición de una lámina sobre la capa base de regulación del terreno. Dependiendo de las características del cimiento, se debe tener en cuenta:

- Si la lámina es adherida debe colocarse una capa antipunzonamiento por encima de ella.
- Si la lámina es no adherida ésta debe protegerse por ambas caras con sendas capas antipunzonamiento.
- Si el cimiento es una placa, la lámina debe ser doble.

En el caso de cimiento y muro éstos deben impermeabilizarse; el primero mediante la colocación de una lámina en la base de la zapata o de la viga corrida; en el segundo, independiente de que éste sea flexorresistente o por gravedad, se deberá colocar también una lámina entre la unión del muro y el cimiento.

Dependiendo de las características de éstos, se debe tener en cuenta:

- Si la lámina es adherida debe colocarse una capa antipunzonamiento por encima de ella.
- Si la lámina es no adherida ésta debe protegerse por ambas caras con sendas capas antipunzonamiento.
- Si se presentan encuentros de la lámina de impermeabilización del suelo con la de la base del muro o zapata, éstas deben sellarse.

### Sistemas de drenaje y evacuación

Son drenes subterráneos que disminuyen los niveles de saturación de agua y por ende

de humedad, produciendo un desagüe paulatino del suelo.

Su funcionamiento consiste en la captación de agua contenida en el terreno, a través del material filtrante, para canalizarla y evacuarla antes de que llegue a estar en contacto directo con los muros. El drenaje estará compuesto por un tubo perforado para la captación de agua que recogerá y canalizará la misma hasta la red de saneamiento. Éste suele estar rodeado por un filtro geotextil para retener la entrada de finos, y sobre este, se rellena la zanja perimetral con material granular no seleccionado y permeable, sellando finalmente con una capa de arcillas que oscile entre 10-15 cm. El tubo de drenaje deberá tener pendiente constante y los cambios de dirección se resolverán con arquetas o cajas de inspección, algunas de las cuales deberán ser registrables. Cuando dicha conexión esté situada por encima de la red de drenaje, al menos debe disponerse de una cámara de bombeo con dos bombas de achique y una conexión para la evacuación a la red de saneamiento o a cualquier sistema de captación para su reutilización posterior y un dispositivo automático para que el achique sea permanente (Figura 5.1).

Entre los sistemas de drenaje más utilizados, tenemos:

**a. Drenaje tradicional:** Se dispone en la base del muro y por debajo del nivel de solera e inmediatamente por encima del plano

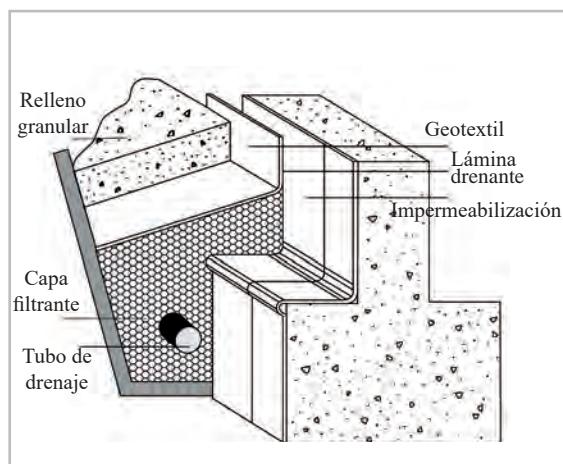
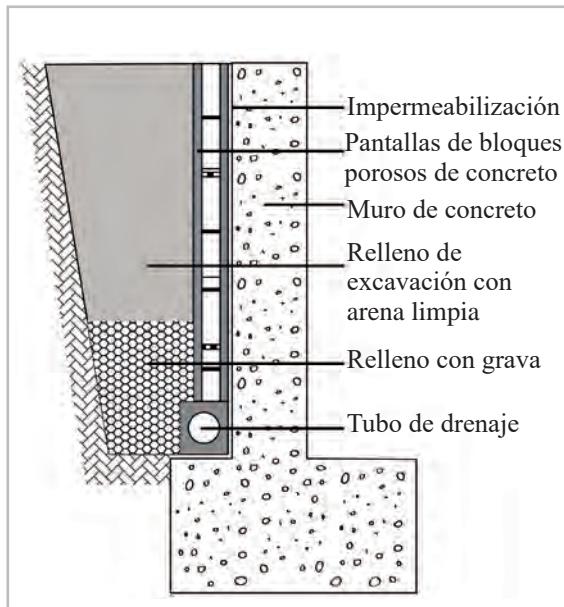
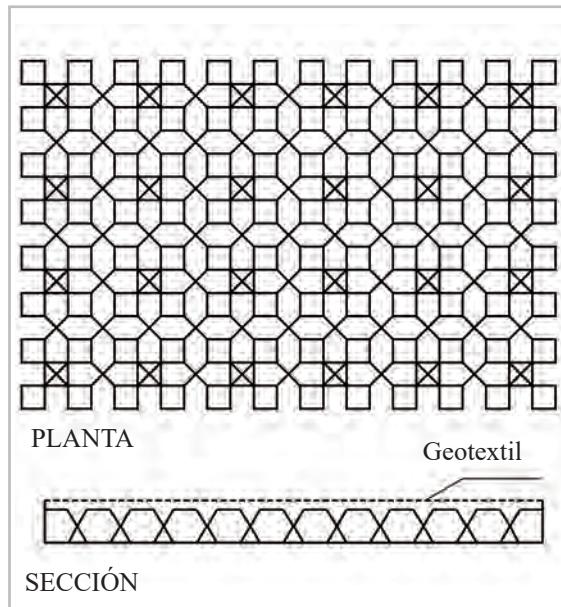


Figura 5.1 Sistema de drenaje y evacuación



**Figura 5.2 Sistema de protección y evacuación en sótanos**



**Figura 5.3 Planta y sección de geotextil**

de asiento de cimentación, una tubería po-rosa, una capa de mortero o concreto y un relleno con material filtrante.

**b. Drenaje mediante bloques de concreto poroso:** Consiste en la ejecución de una pantalla paralela adosada a la cara exterior del muro, construida con bloques de concreto poroso sin finos. Es imprescindible llenar con arena limpia la zanja para conseguir la ventilación del terreno a no ser que el terreno ya sea de por sí lo suficientemente poroso (Figura 5.2).

**c. Drenaje mediante el empleo de geocompuestos:** Se fundamenta en la combinación de geotextiles tejidos o no tejidos con otros materiales de síntesis para formar elementos laminares o empanelados gofrados termoformados.

Dada la diversificación en la naturaleza de estos materiales debemos clasificarlos en:

- **Geocompuestos mallados:** Formados por geotextil filtrante, muy permeable al agua, unido mediante calor y presión a una malla o red de redondos de polietileno rígido.

- **Geocompuesto sándwich de filamentos enmarañados (colchón):** Formado por dos hojas o láminas filtrantes de geotextil compuesto por hilos de poliéster y un alma formada por un filamento continuo de poliamida enmarañado.
- **Geocompuestos de alma rígida termoformada:** Lámina gofrada termoformada de HDPE y un tejido no tejido (geotextil) de polipropileno con propiedades filtrantes (Figura 5.3).

#### Sistemas de impermeabilización

Los muros de contención se deben pro-teger por su cara exterior (en contacto con el terreno); es la forma más eficaz, desde el punto de vista de la durabilidad de sus componen-tes, pero es condición indispensable que su cara exterior sea accesible durante la ejecución. La impermeabilización se consigue mediante la aplicación de membranas.

Dentro de estos sistemas debemos distin-guir diferentes soluciones:

#### a. Por su constitución

- Láminas, páneles o placas prefabricadas.
- Membranas hechas *in situ*.

### b. Por su naturaleza química

- Bituminosas (LO Y LBM – SBS O APP).
- De materiales plásticos (PVC, PEC, HDPE, etc.)
- De cauchos sintéticos (butilo, EPDM, etc.)
- Minerales, inorgánicos (bentonitas expansivas).

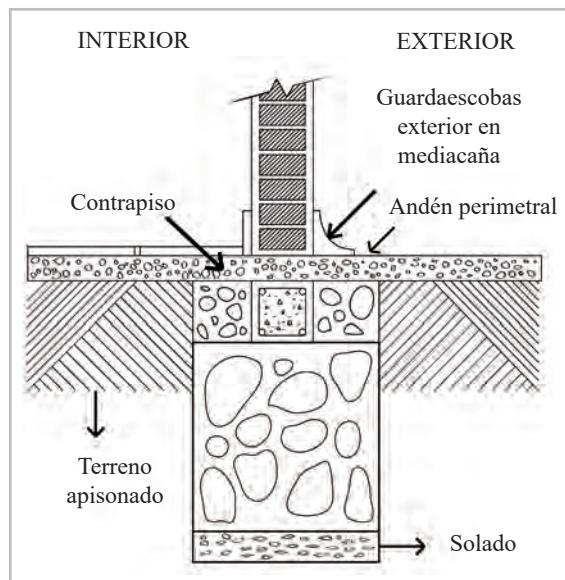
Todas ellas podrán ir bien adheridas al soporte, adheridas y fijadas mecánicamente o flotantes con fijaciones mecánicas.

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

En los suelos se presentan sitios que pueden resultar conflictivos y requieren de elementos de protección; éstos son: encuentro del suelo con los muros, encuentro entre suelos y muros divisorios internos.

#### Encuentro del suelo con los muros

En el sitio de encuentro deben realizarse acciones de diferente orden, las cuales se detallan a continuación (Figura 5.4):



**Figura 5.4** Detalle de encuentro entre suelo y muro

- Cuando el suelo y el muro en concreto se han preparado *in situ*, excepto en el caso de muros pantalla, debe sellarse la junta entre ambos con una banda elástica embebida en la masa de concreto a ambos lados de la junta.
- Cuando el muro es una pantalla en concreto fundido *in situ*, el suelo debe encastrarse y sellarse en el intradós de éste, de la siguiente forma:

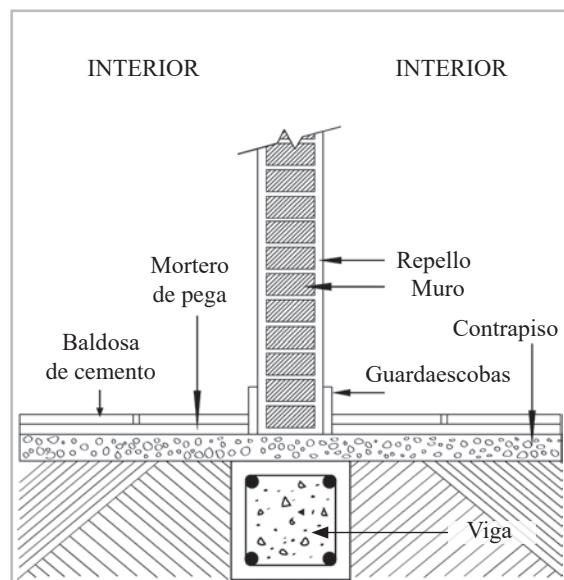
a. Debe abrirse una roza horizontal en el intradós del muro, de 3 cm de profundidad como máximo, que dé cabida al suelo, más 3 cm de anchura como mínimo.

b. Debe hormigonarse el suelo, macizando la roza excepto su borde superior, que debe sellarse con un perfil expansivo.

- Cuando el muro sea prefabricado debe sellarse la junta conformada con un perfil expansivo situado en el interior de la junta.

#### Encuentros entre suelos y muros divisorios interiores

Cuando el suelo se impermeabilice por el interior, el muro no debe apoyarse sobre la



**Figura 5.5** Detalle de encuentro entre suelo y muro

capa de impermeabilización, sino sobre la capa de protección de la misma (Figura 5.5).

### Tratamiento del perímetro

La superficie del terreno en el perímetro del muro debe tratarse para limitar el aporte de agua superficial al terreno mediante la disposición de un andén, una zanja drenante o cualquier otro elemento que produzca un efecto análogo. A su vez debe encastrarse el borde de la placa o de la solera en el muro.

### Sellado de juntas

Toda impermeabilización debe completarse con un adecuado tratamiento de sellado de las juntas o uniones existentes en los distintos elementos estructurales. Por lo tanto:

- Deben sellarse los encuentros de las láminas de impermeabilización del muro con las del suelo y con las dispuestas en la base inferior de las cimentaciones que estén en contacto con el muro.
- Deben sellarse todas las juntas del suelo con banda de PVC o con perfiles de caucho expansivo o de bentonita de sodio.
- Deben sellarse los encuentros entre el suelo y el muro con banda de PVC o con perfiles de caucho expansivo o de bentonita de sodio.

## FACHADAS

Las fachadas de las edificaciones son áreas de máxima exposición al medio ambiente (sol, viento, agua). Para garantizar condiciones de habitabilidad y de durabilidad en las edificaciones se diseñan elementos de protección y evacuación del agua. El sólo hecho de prolongar la cubierta, generando un elemento de protección como el alero, soluciona y evita problemas de filtración hacia el interior y a su vez protege la superficie de la fachada, por supuesto, si se instala un buen sistema de evacuación mediante canales y bajantes.

Las tendencias en el diseño arquitectónico han llevado a fachadas planas de superficies lisas que conducen el agua de la

parte superior a la parte inferior de la edificación sometiendo a ésta a una mayor probabilidad de penetración hacia el interior, por no contar con un cortagotero. Para evitar que esto ocurra se deben aplicar materiales acrílicos para exteriores, resistentes a la humedad y una pintura impermeable al agua.

En el caso de las fachadas se presentan sitios que requieren de elementos de protección; estos son:

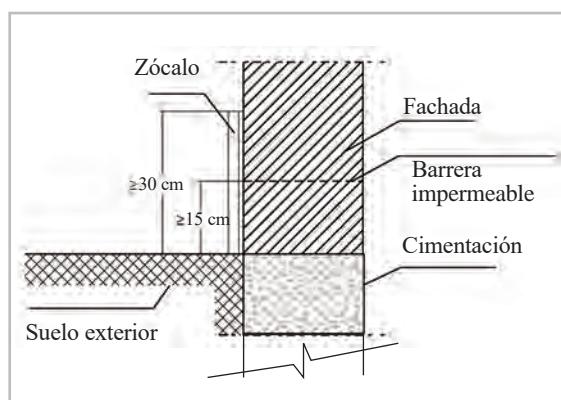
### Arranque de la fachada

Suelen aparecer humedades de capilaridad y microcapilaridad, aunque también de filtración, lo que hace necesario el diseño de elementos perimetrales de protección como zócalos o andenes o la aplicación de materiales impermeabilizantes que actúen como barrera, y en determinados casos como sellos.

Para su efecto:

a. Debe disponerse una barrera impermeable que cubra todo el espesor de la fachada a más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior para evitar el ascenso de agua por capilaridad o adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto (Figura 5.6).

b. Cuando la fachada esté constituida por un material poroso o tenga un revestimiento poroso, para protegerla de las salpicaduras, debe disponerse un zócalo de un material cuyo coeficiente de succión sea menor que el 3%, de más de 30 cm de al-



**Figura 5.6 Detalle de encuentro entre fachada y suelo**

tura sobre el nivel del suelo exterior que cubra el impermeabilizante del muro o la barrera impermeable dispuesta entre el muro y la fachada, y sellarse la unión con la fachada en su parte superior, o debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.

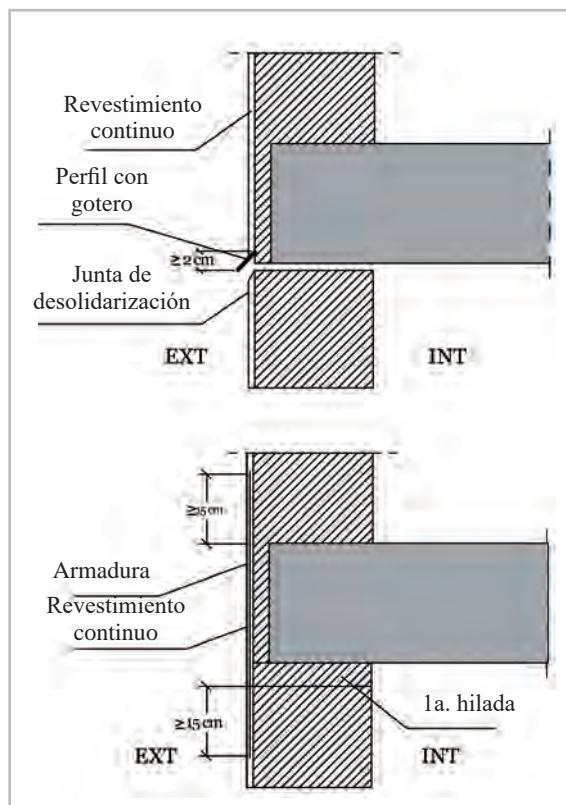
- c. Cuando no sea necesaria la disposición del zócalo, el remate de la barrera impermeable en el exterior de la fachada debe realizarse disponiendo un sellado.

#### Encuentro de la fachada con la losa

Los encuentros entre estructura y elementos de cerramiento suelen originar filtraciones, por tal razón:

- a. Cuando el cerramiento principal esté interrumpido por la losa y se tenga revestimiento exterior continuo, debe adoptarse una de las dos soluciones siguientes:

- Disposición de una junta de desolidari-



*Figura 5.7 Detalle de encuentro entre fachada y losa*

zación entre el cerramiento principal y cada losa por debajo de éstos dejando una holgura de 2 cm que debe rellenarse después de la retracción del cerramiento principal con un material cuya elasticidad sea compatible con la deformación prevista de la losa y protegerse de la filtración con un gotero (Figura 5.7).

- Refuerzo del revestimiento exterior con mallas dispuestas a lo largo del forjado de tal forma que sobrepasen el elemento hasta 15 cm por encima del forjado y 15 cm por debajo de la primera hilada de la fábrica (Figura 5.7, parte inferior).

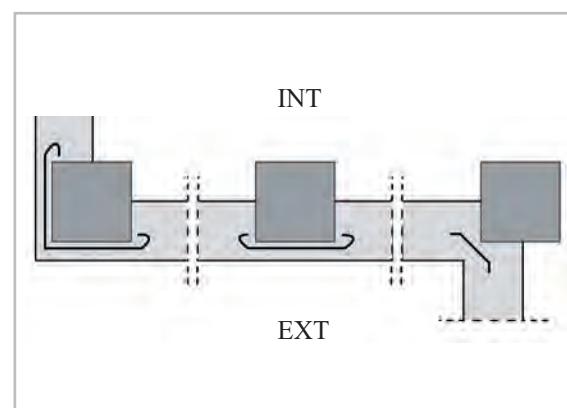
- b. Cuando en otros casos se disponga una junta de desolidarización, ésta debe tener las características anteriormente mencionadas.

#### Encuentro de la fachada con columnas

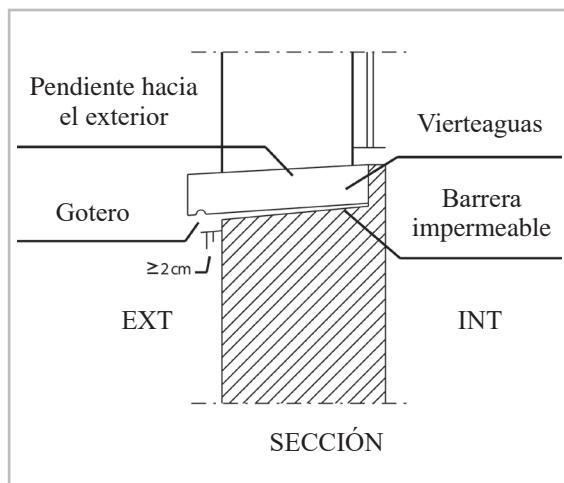
Igualmente que en el caso del encuentro anterior se presentan filtraciones:

- a. Cuando el cerramiento principal está interrumpido por las columnas, en el caso de fachada con revestimiento continuo, debe reforzarse éste con armaduras dispuestas a lo largo de la columna de tal forma que lo sobrepasen 15 cm por ambos lados (Figura 5.8).

- b. Cuando el cerramiento principal esté interrumpido por las columnas, si se colocan piezas de menor espesor que el cerramiento principal por la parte exterior de las colum-



*Figura 5.8 Detalle de encuentro entre fachada y columnas*



**Figura 5.9 Detalle de vierteaguas**

nas, para conseguir la estabilidad de estas piezas, debe disponerse una armadura o cualquier otra solución que produzca el mismo efecto.

#### Aleros y cornisas

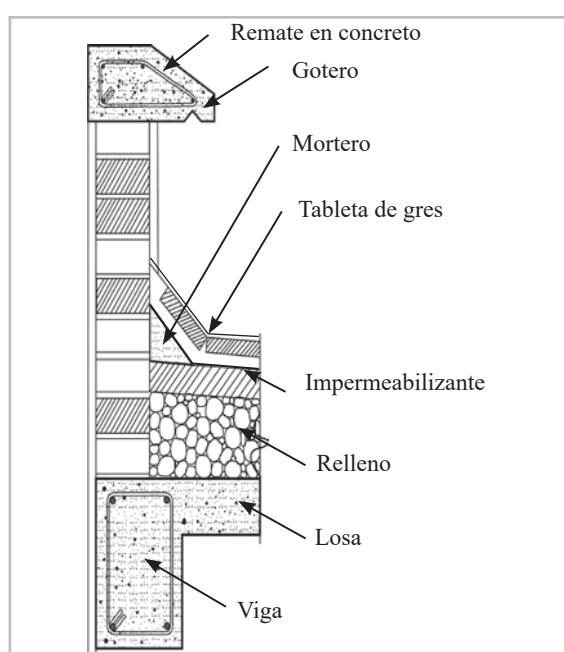
El alero como extensión de la cubierta protege el espacio exterior de la acción del clima, principalmente a los materiales de fachada de la acción de la lluvia y de la incidencia del sol en muros y pisos exteriores, ade-

más reduce la probabilidad de salpicaduras sobre la parte inferior de la fachada. Los aleros y las cornisas de constitución continua:

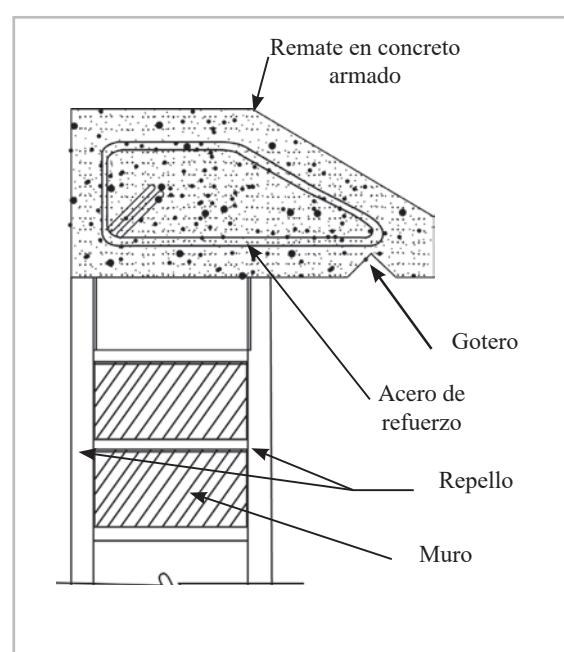
**a.** Deben tener una pendiente hacia el exterior para evacuar el agua, de  $10^\circ$  como mínimo y que sobresalgan más de 2 cm del plano de la fachada; además deben:

- Ser impermeables o tener la cara superior protegida por una barrera impermeable, para evitar que el agua se filtre a través de ellos (Figura 5.9).
- Disponer en el encuentro con el paramento vertical de elementos de protección prefabricados o realizados *in situ* que se extiendan hacia arriba al menos 15 cm y cuyo remate superior se resuelva de forma similar, para evitar que el agua se filtre en el encuentro y en el remate.
- Disponer de un gotero en el borde exterior de la cara inferior para evitar que el agua de lluvia evague alcance la fachada por la parte inmediatamente inferior al mismo.

**b.** En el caso de que no se ajusten a las con-



**Figura 5.10 Remate de fachada**



**Figura 5.11 Detalle de remate de fachada**

diciones antes expuestas debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.

La junta de las piezas con gotero debe tener la forma del mismo para no crear a través de ella un puente hacia la fachada.

#### Antepechos y remates superiores

Los antepechos y remates superiores deben diseñarse geométricamente de tal manera que permitan la evacuación del agua; a la vez, en su construcción deben utilizarse materiales impermeables (Figuras 5.10 y 5.11).

Para su efecto:

a. Los antepechos deben rematarse con albardillas para evacuar el agua lluvia que llegue a su parte superior y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo o debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.

b. Las albardillas deben tener una inclinación de  $10^{\circ}$  como mínimo, deben disponer de goteros en la cara inferior de los salientes hacia los que discurre el agua, separados de los paramentos correspondientes del antepecho al menos 2 cm y deben ser impermea-

bles o deben disponerse sobre una barrera impermeable que tenga una pendiente hacia el exterior de  $10^{\circ}$  como mínimo. Deben disponerse juntas de dilatación cada dos piezas cuando sean de piedra o prefabricadas y cada 2 mm cuando sean cerámicas. Las juntas entre las albardillas deben realizarse de tal manera que sean impermeables con un sellado adecuado.

#### Encuentro de la fachada con la carpintería

En los vanos de puertas y ventanas se pueden presentar filtraciones producto del encuentro con los diferentes planos de la fachada que forman diedros en los que coinciden juntas constructivas, entre materiales distintos, paramento y carpintería que requieren de sellos, goteros, pendientes que eviten que el agua penetre y a su vez permitan su rápida evacuación (Figuras 5.12, 5.13 y 5.14).

Para su efecto se recomienda:

a. Dependiendo del grado de impermeabilidad exigido y teniendo en la cuenta si las carpinterías están retranqueadas respecto

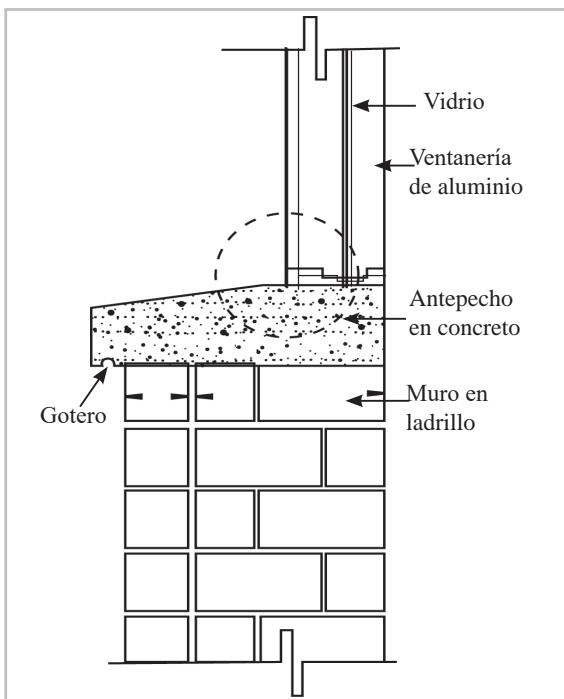


Figura 5.12 Antepecho

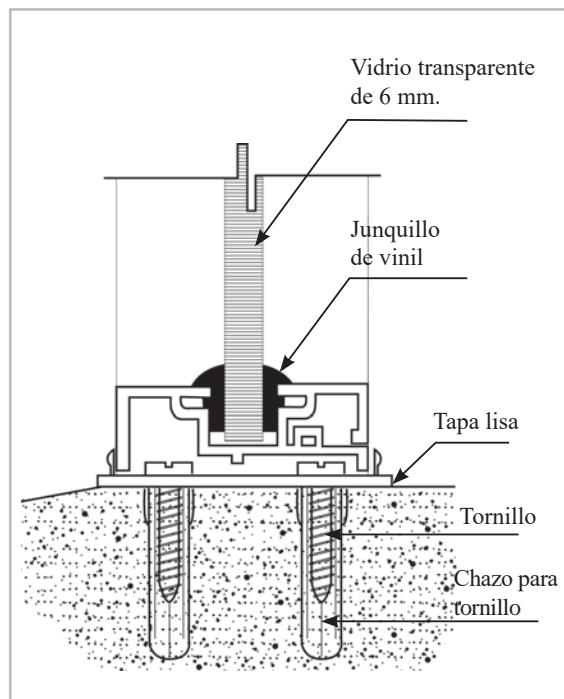
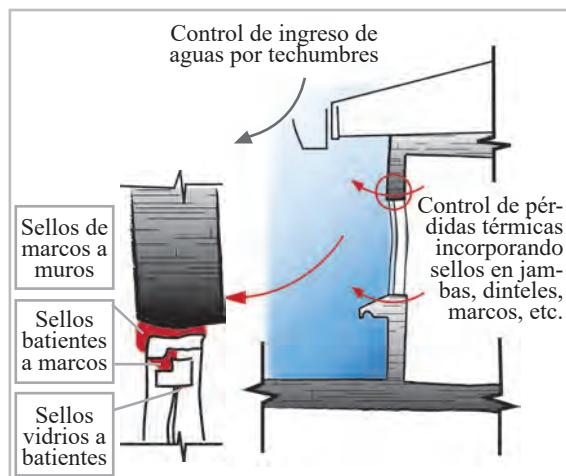
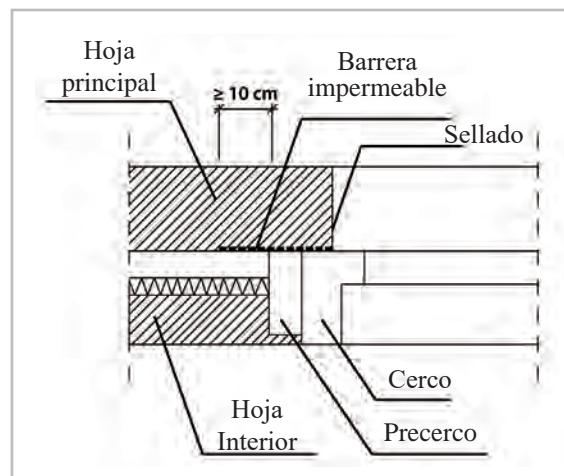


Figura 5.13 Detalle antepecho - Ventana

**Figura 5.14 Detalle de fachada y ventana****Figura 5.15 Detalle de ventana**

del paramento exterior de la fachada, se debe disponer de premarco y se debe colocar una barrera impermeable en las jambas entre la hoja principal y el premarco, o en su caso el marco, prolongada 10 cm hacia el interior del muro (Figura 5.15).

**b.** Debe sellarse la junta entre el marco y el muro con un cordón que debe estar introducido en un llagueado practicado en el muro de forma que quede encajado entre dos bordes paralelos.

**c.** Cuando la carpintería esté retranqueada respecto del paramento exterior de la fachada, debe rematarse el alféizar con un vierteaguas para evacuar hacia el exterior el agua de lluvia que llegue a él y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo y disponerse un goterón en el dintel para evitar que el agua de lluvia discurra por la parte inferior del dintel hacia la carpintería o adoptarse soluciones que produzcan los mismos efectos.

**d.** El vierteaguas debe tener una pendiente hacia el exterior de  $10^\circ$  como mínimo, debe ser impermeable o disponerse sobre una barrera impermeable fijada al cerco o al muro que se prolongue por la parte trasera y por ambos lados del vierteaguas y que tenga una pendiente hacia el exterior de  $10^\circ$ .

como mínimo. El vierteaguas debe disponer de un gotero en la cara inferior del saliente, separado del paramento exterior de la fachada al menos 2 cm, y su entrega lateral en la jamba debe ser de 2 cm como mínimo (Figura 5.9).

**e.** La junta de las piezas con gotero deben tener la forma del mismo para no crear a través de ella un puente hacia la fachada.

#### Juntas de dilatación

Una junta es un espacio o discontinuidad entre elementos estructurales y no estructurales. En las fachadas:

**a.** Deben disponerse juntas de dilatación en el elemento principal de cerramiento de tal forma que cada junta estructural coincida con una de ellas y que la distancia entre juntas de dilatación contiguas sea como máximo la establecida en la NSR - 10.

**b.** En las juntas de dilatación del elemento principal de cerramiento debe colocarse un sellante sobre un relleno introducido en la junta. Deben emplearse rellenos y sellantes de materiales que tengan una elasticidad y una adherencia suficientes para absorber los movimientos de la hoja previstos y que sean impermeables y resistentes a los agentes atmosféricos. La profundidad del

sellante debe ser mayor o igual que 1 cm y la relación entre su espesor y su anchura debe estar comprendida entre 0,5 y 2. En fachadas enfoscadas debe enrasarse con el paramento de la hoja principal sin enfoscar. Cuando se utilicen chapas metálicas en las juntas de dilatación, deben disponerse de tal forma que cubran ambos lados de la junta una banda de muro de 5 cm como mínimo; cada chapa debe fijarse mecánicamente en dicha banda y sellar su extremo correspondiente.

c. El revestimiento exterior debe estar provisto de juntas, de tal forma que la distancia entre juntas contiguas sea suficiente para evitar su agrietamiento.

#### **Anclajes a la fachada**

Cuando los anclajes de elementos tales como barandillas o mástiles se realicen en un plano horizontal de la fachada, la junta entre el anclaje y la fachada debe realizarse de tal forma que se impida la entrada de agua a través de ella mediante el sellado, un elemento de goma, una pieza metálica u otro elemento que produzca el mismo efecto.

### **CUBIERTAS**

La cubierta como parte integrante del cerramiento de la edificación cumple funciones de delimitar el espacio, cubrirlo (valga la redundancia) y protegerlo con el fin de garantizar su uso, además hay que reconocerle la importancia plástica y estética que tiene en su condición de quinta fachada, por lo que no sólo debe ser impermeable, resistente a la intemperie sino agradable visualmente.

Para la cubierta el grado de impermeabilidad exigido es único e independiente de los factores climáticos. Cualquier solución constructiva alcanza este grado de impermeabilidad siempre que se cumplan las condiciones indicadas a continuación.

#### **Condiciones de las soluciones constructivas de cubierta**

Las cubiertas deben disponer de los elementos siguientes:

a. Un sistema de formación de pendientes, independiente de que la cubierta sea plana o inclinada y un soporte resistente.

b. Una barrera contra el vapor inmediatamente por debajo del aislante térmico cuando se prevea que vayan a producirse condensaciones en dicho elemento.

c. Una capa separadora bajo el aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.

d. Un aislante térmico.

e. Una capa separadora bajo la capa de impermeabilización, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles o la adherencia entre la impermeabilización y el elemento que sirve de soporte en sistemas no adheridos.

f. Una capa de impermeabilización cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y el sistema de formación de pendientes no tenga la pendiente adecuada o el solapo de los elementos de protección sea insuficiente.

g. Una capa separadora entre la capa de protección y la capa de impermeabilización, cuando deba evitarse la adherencia entre ambas capas, la impermeabilización tenga una resistencia pequeña al punzonamiento estático, se utilice como capa de protección solado flotante colocado sobre soportes, grava, una capa de rodadura de hormigón, una capa de rodadura de aglomerado asfáltico dispuesta sobre una capa de mortero o tierra vegetal; en este último caso, además, debe disponerse inmediatamente por encima de la capa separadora, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante; en el caso de utilizarse grava la capa separadora debe ser antipunzonante.

h. Una capa separadora entre la capa de protección y el aislante térmico; cuando se utilice tierra vegetal como capa de protección debe disponerse inmediatamente por encima

de esta capa separadora una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante; si la cubierta es transitable para peatones, la capa separadora debe ser antipunzonante; si se usa grava como capa de protección, la capa separadora debe ser filtrante, capaz de impedir el paso de áridos finos y antipunzonante.

**i.** Una capa de protección, cuando la cubierta sea plana, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotegida.

**j.** Un tejado, cuando la cubierta sea inclinada, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotegida.

**k.** Un sistema de evacuación de aguas, que puede constar de canales, sumideros y rebosaderos.

### Condiciones de los componentes del sistema de formación de pendientes

**a.** El sistema de formación de pendientes debe tener una cohesión y estabilidad suficientes frente a las solicitudes mecánicas y térmicas, y su constitución debe ser adecuada para recibir o fijar el resto de componentes.

**b.** Cuando el sistema de formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte a la capa de impermeabilización, el material que lo constituye debe ser compatible con el material impermeabilizante y con la forma de unión de dicho impermeabilizante.

**Tabla 5.1**  
**Pendientes de cubiertas planas**

Uso		Protección	Pendiente en %	
Transitables	Peatonal vehicular	Solado fijo	1-5 <sup>1</sup>	
		Solado flotante	1-5	
		Capa de rodadura	1-5 <sup>1</sup>	
No transitables		Grava Lámina auto- protegida	1-5 1-15	
Ajardinadas		Tierra vegetal	1-5	

(1) Para rampas no se aplica la limitación de pendiente máxima.

**Tabla 5.2**  
**Pendientes de cubiertas inclinadas**

Tipo	Material	Forma	Pendiente en %
Tejado <sup>1,2</sup>	Teja <sup>3</sup>	Teja curva	32
		Teja mixta y plana monocanal	30
		Teja plana marselesa o alicantina	40
		Teja plana con encaje	50
	Pizarra		60
		Zinc	10
	Fibrocemento	Placas simétricas de onda grande	10
		Placas asimétricas de nervadura grande	10
		Placas asimétricas de nervadura media	25
	Placas y perfiles	Perfiles de ondulado grande	10
		Perfiles de ondulado pequeño	15
		Perfiles de grecado grande	5
		Perfiles de grecado medio	8
		Perfiles nervados	10
	Sintéticos	Perfiles de ondulado pequeño	15
		Perfiles de grecado o nervado grande	5
	Galvanizados	Perfiles de grecado o nervado medio	8
		Perfiles de nervado pequeño	10
		Páneles	5
	Aleaciones ligeras	Perfiles de ondulado pequeño	15
		Perfiles de nervado medio	5

(1) En caso de cubiertas con varios sistemas de protección superpuestos se establece como pendiente mínima la menor de las pendientes para cada uno de los sistemas de protección.

(2) Para los sistemas y piezas de formato especial las pendientes deben establecerse de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación.

(3) Estas pendientes son para faldones menores a 6,5 m, una situación de exposición normal y una situación climática desfavorable.

**c.** El sistema de formación de pendientes en cubiertas planas debe tener una pendiente hacia los elementos de evacuación de agua incluida dentro de los intervalos que figuran en la Tabla 5.1, en función del uso de la cubierta y del tipo de protección.

El sistema de formación de pendientes en cubiertas inclinadas, cuando éstas no tengan capa de impermeabilización, debe tener una pendiente hacia los elementos de evacuación de agua mayor que la obtenida en la tabla en función del tipo de tejado.

### Aislante térmico

**a.** El material del aislante térmico debe tener una cohesión y una estabilidad suficientes para proporcionar al sistema la solidez necesaria frente a las solicitudes mecánicas.

**b.** Cuando el aislante térmico esté en con-

tacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles; en caso contrario debe disponerse una capa separadora entre ellos.

**c.** Cuando el aislante térmico se disponga encima de la capa de impermeabilización y quede expuesto al contacto con el agua, dicho aislante debe tener unas características adecuadas para esta situación.

#### **Capa de impermeabilización**

Cuando se disponga una capa de impermeabilización, ésta debe aplicarse y fijarse de acuerdo con las condiciones para cada tipo de material constitutivo de la misma. Dependiendo del material que se vaya a usar serán las especificaciones.

A continuación se presentan opciones de materiales de impermeabilización.

#### **a. Impermeabilización con materiales bituminosos y bituminosos modificados**

- Las láminas pueden ser de oxiasfalto o de betún modificado.
- Cuando la pendiente de la cubierta sea mayor que 15%, deben utilizarse sistemas fijados mecánicamente.
- Cuando la pendiente de la cubierta esté comprendida entre 5 y 15%, deben utilizarse sistemas adheridos.
- Cuando se quiera independizar el impermeabilizante del elemento que le sirve de soporte para mejorar la absorción de movimientos estructurales, deben utilizarse sistemas no adheridos.
- Cuando se utilicen sistemas no adheridos emplear una capa de protección pesada.

#### **b. Impermeabilización con policloruro de vinilo plastificado**

- Cuando la pendiente de la cubierta sea mayor que 15%, deben utilizarse sistemas fijados mecánicamente.
- Cuando la cubierta no tenga protección, deben utilizarse sistemas adheridos o fijados mecánicamente.
- Cuando se utilicen sistemas no adheridos, emplear una capa de protección pesada.

#### **c. Impermeabilización con etileno propilenodieno monómero**

- Cuando la pendiente de la cubierta sea mayor que 15%, deben utilizarse sistemas fijados mecánicamente.
- Cuando la cubierta no tenga protección, deben utilizarse sistemas adheridos o fijados mecánicamente.
- Cuando se utilicen sistemas no adheridos, emplear una capa de protección pesada.

#### **d. Impermeabilización con poliolefinas**

Para este caso deben utilizarse láminas de alta flexibilidad.

**e. Impermeabilización con un sistema de placas.** El solapo de las placas debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como zona eólica, tormentas y altitud topográfica.

Debe recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad dependiendo de la pendiente de la cubierta, del tipo de piezas y del solapo de las mismas, así como de la zona geográfica del emplazamiento de la edificación.

#### **Cámara de aire ventilada**

Cuando se disponga una cámara de aire, ésta debe situarse en el lado exterior del aislante térmico y ventilarse mediante un conjunto de aberturas de tal forma que el cociente entre su área efectiva total cumpla la siguiente condición:

$$30 \xrightarrow{\text{Ss}} 3 \\ \text{Ac}$$

Donde:

Ss = Área efectiva total de las aberturas de ventilación de una cámara, en  $\text{cm}^2$

Ac = Superficie de la cubierta, en  $\text{m}^2$

#### **Capa de protección**

Cuando se disponga una capa de protección, el material que forma la capa debe ser resistente a la intemperie en función de las

condiciones ambientales previstas y debe tener un peso suficiente para contrarrestar la succión del viento.

Se pueden usar los materiales siguientes u otro material que produzca el mismo efecto:

- Cuando la cubierta no sea transitable, grava, solado fijo o flotante, mortero, tejas y otros materiales que conformen una capa pesada y estable.
- Cuando la cubierta sea transitable para peatones, solado fijo, flotante o capa de rodadura.
- Cuando la cubierta sea transitable para vehículos, capa de rodadura.

**a. Capa de grava.** La grava puede ser suelta o aglomerada con mortero.

La grava suelta sólo puede emplearse en cubiertas cuya pendiente sea menor que el 5%. La grava debe estar limpia y carecer de sustancias extrañas. Su tamaño debe estar comprendido entre 16 y 32 mm y debe formar una capa cuyo espesor sea igual a 5 cm como mínimo. Debe establecerse el lastre de grava adecuado en cada parte de la cubierta en función de las diferentes zonas de exposición en la misma.

Deben disponerse pasillos y zonas de trabajo con una capa de protección de un material apto para cubiertas transitables con el fin de facilitar el tránsito en la cubierta para realizar las operaciones de mantenimiento y evitar el deterioro del sistema.

**b. Solado fijo.** El solado fijo puede ser de materiales como: baldosas, piedra natural sobre mortero, concreto u hormigón, capa de mortero, adoquín sobre lecho de arena, mortero filtrante, aglomerado asfáltico u otros de características análogas. El material que se utilice debe tener una forma y unas dimensiones compatibles con la pendiente.

Las piezas no deben colocarse directamente sobre la superficie.

**c. Solado flotante.** Puede ser de piezas apoyadas sobre soportes, baldosas sueltas con aislante térmico incorporado u otros materiales de características análogas.

Las piezas apoyadas sobre soportes deben disponerse horizontalmente. Los soportes deben estar diseñados y fabricados expresamente para este fin, deben tener una plataforma de apoyo para repartir las cargas y deben disponerse sobre la capa separadora en el plano inclinado de escorrentía.

Las piezas deben ser resistentes a los esfuerzos de flexión a los que vayan a estar sometidas. Así mismo, las piezas o baldosas deben colocarse con junta abierta.

**d. Capa de rodadura.** La capa de rodadura puede ser aglomerado asfáltico, capa de concreto, adoquinado u otros materiales de características análogas.

- Cuando el aglomerado asfáltico se vierte en caliente directamente sobre la impermeabilización, el espesor mínimo de la capa de aglomerado debe ser 8 cm.
- Cuando el aglomerado asfáltico se vierte sobre una capa de mortero dispuesta sobre la impermeabilización, debe interponerse entre éstos una capa separadora para evitar la adherencia entre ellas de 4 cm de espesor como máximo y armada de tal manera que se evite su fisuración. Esta capa de mortero debe aplicarse sobre el impermeabilizante en los puntos singulares que estén impermeabilizados.

**e. Tejado.** Debe estar constituido por piezas de cobertura tales como tejas, pizarra, placas, etc. El solapo de las piezas debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como zona eólica, tormentas y altitud topográfica.

Debe recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad, dependiendo de la pendiente de la cubierta, la altura máxima del faldón, el tipo de piezas y el solapo de las mismas, así como de la ubicación del edificio.

#### **Condiciones de los puntos singulares**

Tanto en las cubiertas planas como en las inclinadas se encuentran sitios que requie-



ren soluciones particulares para cada caso; estos sitios se denominan puntos singulares.

### Juntas de dilatación

En las terrazas o en las cubiertas ya sean planas o inclinadas suelen presentarse juntas de dilatación. Estas deben tener las siguientes características:

a. Deben disponerse juntas de dilatación de la cubierta y la distancia entre juntas de dilatación contiguas debe ser como máximo de 15 m.

Siempre que exista un encuentro con un paramento vertical o una junta estructural debe disponerse una junta de dilatación coincidiendo con ellos. Las juntas deben afectar a las distintas capas de la cubierta a partir del elemento que sirve de soporte resistente.

Los bordes de las juntas de dilatación deben ser romos, con un ángulo de 45°, aproximadamente, y la anchura de la junta debe ser mayor de 3 cm.

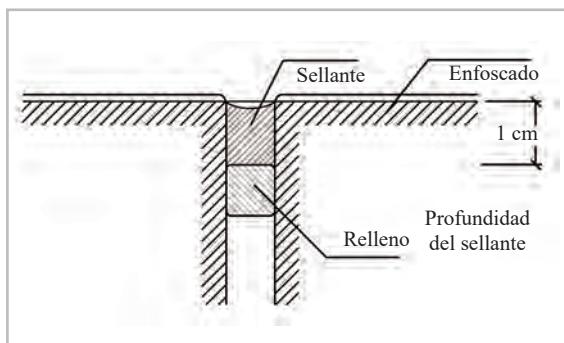
b. Cuando la capa de protección sea de solado fijo, deben disponerse juntas de dilatación en la misma. Estas juntas deben afectar a las piezas, al mortero de agarre y a la capa de asiento del solado y deben disponerse de la siguiente forma:

- Coinciendo con las juntas de la cubierta.
- En el perímetro exterior e interior de la cubierta y en los encuentros con paramentos verticales y elementos pasantes.
- En cuadrícula, situadas a 5 m como máximo en cubiertas no ventiladas y a 7,5 m como máximo en cubiertas ventiladas, de forma que las dimensiones de los paños entre las juntas guarden como máximo la relación 1:1,5.

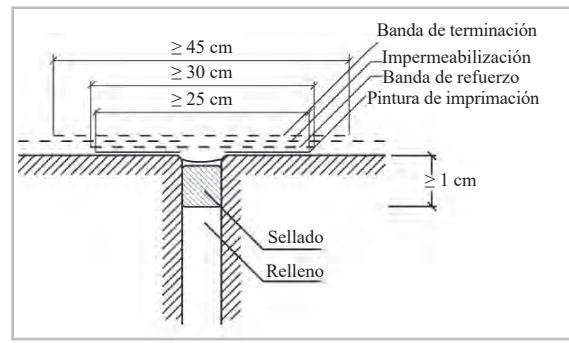
c. En las juntas debe colocarse un sellante dispuesto sobre un relleno introducido en su interior. El sellado debe quedar enrasado con la superficie de la capa de protección de la cubierta (Figuras 5.16 y 5.17).

### Cubiertas planas

a. **Encuentro cubierta - paramento vertical.** En los encuentros de la cubierta plana con paramentos verticales (paredes, muretes o petos perimetrales), el material impermeabilizante se debe disponer de tal forma que la estanqueidad quede garantizada en caso de embalsamiento de agua.



*Figura 5.16 Juntas de dilatación*



*Figura 5.17 Juntas de dilatación*

Por lo que:

- La impermeabilización debe prolongarse por el paramento vertical hasta una altura de 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta (Figura 5.18).
- El encuentro con el paramento debe realizarse redondeándose con un radio de curvatura de 5 cm aproximadamente o achaflanándose una medida análoga según el sistema de impermeabilización.

Para que el agua de las precipitaciones o la que se deslice por el paramento no se filtre por el remate superior de la impermeabilización, dicho remate debe realizarse de alguna de las formas siguientes o de cualquier otra que produzca el mismo efecto:

- Mediante una roza de 3 x 3 cm como mínimo en la que debe recibirse la impermeabilización con mortero en bisel formando un ángulo de aproximadamente 30° con la horizontal y redondeándose la arista del paramento.
- Mediante un retranqueo cuya profundidad con respecto a la superficie externa del paramento vertical debe ser mayor de 5 cm y cuya altura por encima de la protección de la cubierta debe ser mayor de 20 cm (Figuras 5.20 y 5.21).
- Mediante un perfil metálico inoxidable provisto de una pestaña, al menos en su parte superior, que sirva de base a un cordón de sellado entre el perfil y el muro. Si en la parte inferior no lleva pes-

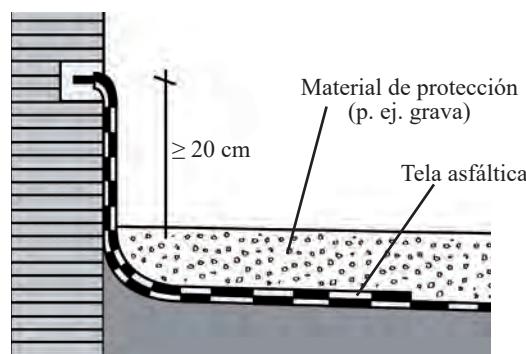


Figura 5.18 Detalle encuentro de la cubierta con el muro

taña, la arista debe ser redondeada para evitar que pueda dañarse la lámina.

#### b) Encuentro cubierta - borde lateral

- Prolongando la impermeabilización 5 cm como mínimo sobre el frente del alero o el paramento (Figura 5.19).
- Disponiéndose un perfil angular con el ala horizontal, que debe tener una anchura mayor de 10 cm, anclada al faldón de tal forma que el ala vertical descuelgue por la parte exterior del paramento a modo de goterón y prolongando la impermeabilización sobre el ala horizontal.

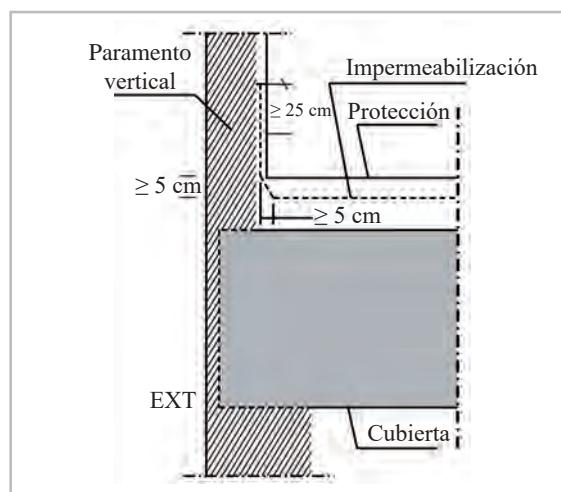


Figura 5.19 Encuentro de la cubierta con el borde lateral

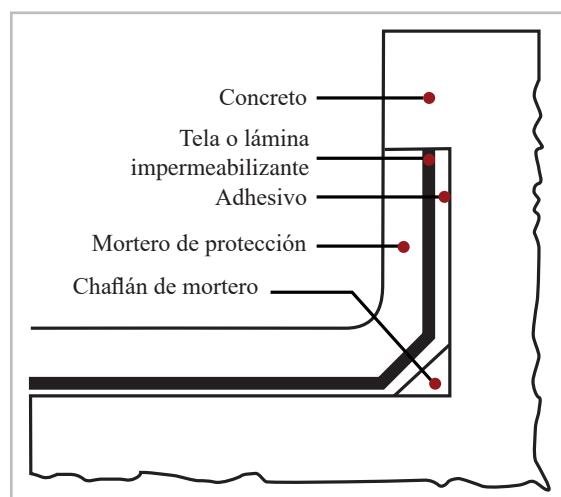


Figura 5.20 Remate perimetral

### c) Encuentro de la cubierta con un sumidero o una canal

- El sumidero o la canal deben ser piezas prefabricadas, de un material compatible con el tipo de impermeabilización que se utilice y deben disponer de un ala de 10 cm de anchura como mínimo en el borde superior.
- El sumidero o la canal deben estar provistos de un elemento de protección para retener los sólidos que puedan obturar la bajante. En cubiertas transitables este elemento debe estar enrasado con la capa de protección y en cubiertas no transitables, este elemento debe sobresalir de la capa de protección (Figura 5.22).
- El elemento que sirve de soporte de la impermeabilización debe rebajarse alrededor de los sumideros o en todo el perímetro de la canal lo suficiente para que después de haberse dispuesto el impermeabilizante siga existiendo una pendiente adecuada en el sentido de la evacuación.
- La impermeabilización debe prolongarse 10 cm como mínimo por encima de las alas.
- La unión del impermeabilizante con el sumidero o la canal debe ser estanca.

- Cuando el sumidero se disponga en la parte horizontal de la cubierta, debe situarse separado 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales o con cualquier otro elemento que sobresalga de la cubierta.
- El borde superior del sumidero debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta.
- Cuando el sumidero se disponga en un paramento vertical, el sumidero debe tener sección rectangular.
- Debe disponerse un impermeabilizante que cubra el ala vertical, que se extienda hasta 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta.
- Cuando se disponga de una canal, su borde superior debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta y debe estar fijado al elemento que sirve de soporte.
- Cuando el canalón se disponga en el encuentro con un paramento vertical, el ala de la canal de la parte del encuentro, debe ascender por el paramento y debe disponerse una banda impermeabilizante que cubra el borde superior del ala, de 10 cm como mínimo de anchura, centrada sobre dicho borde.

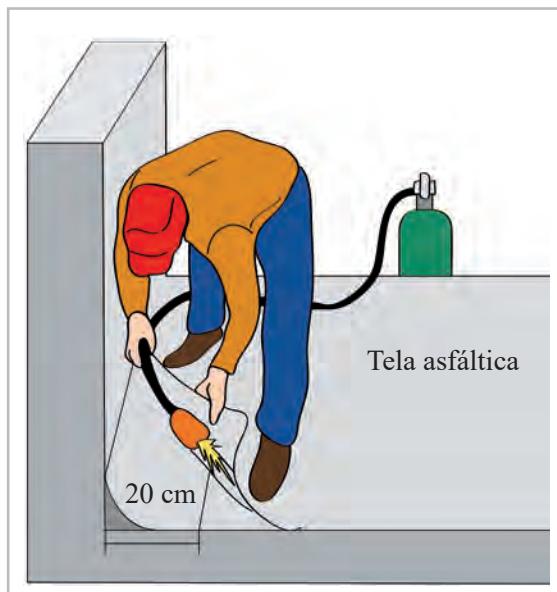


Figura 5.21 Colocación de la tela asfáltica



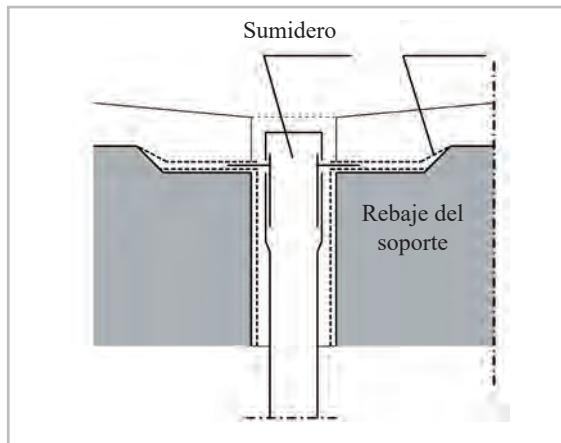


Figura 5.22 Detalle del sumidero

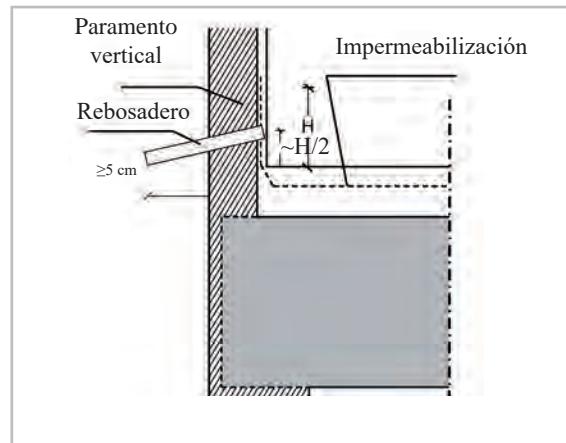


Figura 5.23 Detalle del rebosadero

**d) Rebosaderos.** Los rebosaderos de las cubiertas planas son pequeños conductos que atraviesan los petos perimetrales y favorecen la evacuación del agua en caso de embalsamiento (Figura 5.23).

La instalación de rebosaderos es obligatoria cuando:

- Sólo existe una bajante en la cubierta.
- El agua que se acumula por obstrucción de una bajante no puede ser evacuada por las demás debido a su disposición en la cubierta.
- El volumen de agua embalsada, en caso de obstrucción de una bajante, podría provocar el hundimiento de la cubierta.

Tanto en los rebosaderos como en las cazoletas, es necesario realizar limpiezas periódicas que garanticen su correcto funcionamiento durante los períodos de lluvias abundantes.

Teniendo en la cuenta lo anterior se deben considerar rebosaderos cuando se presenten las siguientes situaciones:

- En las cubiertas planas que tengan un paramento vertical que las delimita en todo su perímetro, deben disponerse rebosaderos en los siguientes casos:
  - Cuando en la cubierta exista una sola bajante.
  - Cuando se prevea que, si se obtura una bajante, debido a la disposición de las bajantes o de los faldones de la cu-

bierta, el agua acumulada no pueda evacuar por otras bajantes.

- Cuando la obturación de una bajante pueda producir una carga en la cubierta que comprometa la estabilidad del elemento que sirve de soporte resistente.

- La suma de las áreas de las secciones de los rebosaderos debe ser igual o mayor que la suma de las áreas de las bajantes que evacúan el agua de la cubierta o de la parte de la cubierta a la que sirvan.
- El rebosadero debe disponerse a una altura intermedia entre la del punto más bajo y la del más alto de la entrega de la impermeabilización al paramento vertical y en todo caso a un nivel más bajo de cualquier acceso a la cubierta.
- El rebosadero debe sobresalir 5 cm como mínimo de la cara exterior del paramento vertical y disponerse con una pendiente favorable a la evacuación.

#### e) Encuentro de la cubierta con elementos pasantes.

Los elementos pasantes deben situarse separados 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales y de los elementos que sobresalgan de la cubierta. Deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados *in situ*, que deben ascender por el elemento pasante 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta.

**f) Anclaje de elementos.** Cuando se instalan en las cubiertas elementos tales como antenas o barandillas, se debe evitar que sus fijaciones atraviesen el material impermeabilizante.

Para instalarlos correctamente, se deben construir muros de ladrillos y mortero de cemento sobre el impermeabilizante de la cubierta. En el caso de que no se pueda colocar el muro por falta de espacio, se utilizarán como mínimo fijaciones galvanizadas con arandelas de neopreno.

Los anclajes de elementos deben realizarse de una de las formas siguientes:

- Sobre un paramento vertical por encima del remate de la impermeabilización.
- Sobre la parte horizontal de la cubierta de forma análoga a la establecida para los encuentros con elementos pasantes o sobre un muro apoyado en la misma.

**g) Rincones y esquinas.** En los rincones y las esquinas deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados *in situ* hasta una distancia de 10 cm como mínimo desde el vértice formado por los dos planos que conforman el rincón o la esquina y el plano de la cubierta.

**h) Accesos y aberturas.** Los accesos y las aberturas situados en un paramento vertical deben realizarse de una de las formas siguientes:

- Disponiendo un desnivel de 20 cm de altura como mínimo por encima de la protección de la cubierta, protegido con un impermeabilizante que lo cubra y ascienda por los laterales del hueco hasta una altura de 15 cm como mínimo por encima de dicho desnivel.
- Disponiéndolos retranqueados respecto del paramento vertical 1 m como mínimo. El suelo hasta el acceso debe tener una pendiente del 10% hacia fuera y debe ser tratado como la cubierta, excepto para los casos de accesos en balcones que vierten el agua libremente sin antepechos, donde la pendiente mínima es del 1%.

Los accesos y las aberturas situados en el paramento horizontal de la cubierta deben realizarse disponiendo alrededor del hueco un antepecho de una altura por encima de la protección de la cubierta de 20 cm como mínimo e impermeabilizado según lo descrito en el apartado.

### Cubiertas inclinadas

Las cubiertas o tejados pueden ser inclinados, formados por uno o más faldones, o planos (azoteas y terrazas).

Se denominan elementos singulares de la cubierta a los que por sus características requieren un tratamiento especial durante su ejecución.

- Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

### a) Encuentro de la cubierta con un paramento vertical

Como norma general, en los encuentros de los faldones con paramentos verticales (chimeneas o muretes), se debe reforzar la impermeabilización con una banda de tela asfáltica doblada en ángulo y adherida sobre el faldón y el paramento vertical.

En el caso concreto de las chimeneas, la tela asfáltica se debe disponer por debajo del elemento de cubrimiento (teja, pizarra,



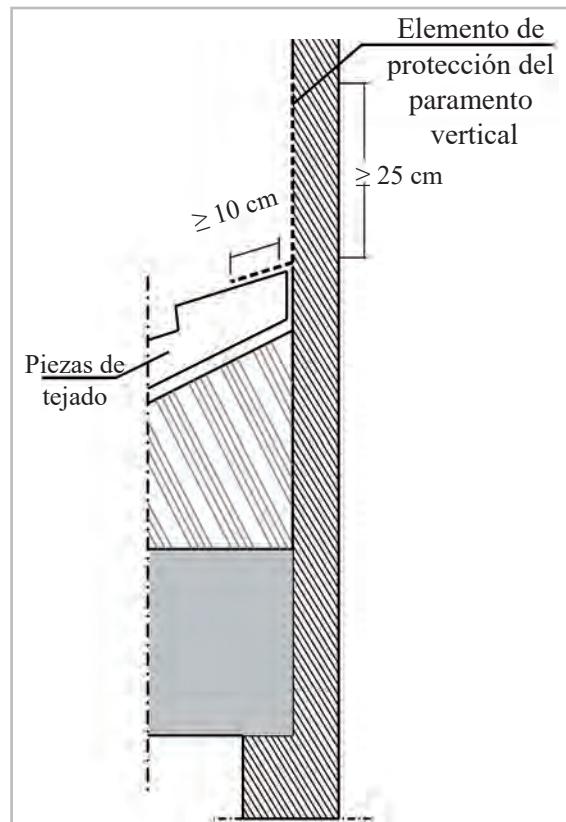
etc.) en la parte más alta y, por encima de este, en la parte más baja.

- En el encuentro de la cubierta con un paramento vertical deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados *in situ*.
- Los elementos de protección deben cubrir como mínimo una banda del paramento vertical de 25 cm de altura por encima del tejado y su remate debe realizarse de forma similar a la descrita en las cubiertas planas.
- Cuando el encuentro se produzca en la parte inferior del faldón, debe disponerse una canal.

Cuando el encuentro se produzca en la parte superior o lateral del faldón, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas del tejado y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro (Figura 5.24).

#### b) Alero

- Las piezas del tejado deben sobresalir 5 cm como mínimo y media pieza como máximo del soporte que conforma el alero.
- Cuando el tejado sea de pizarra o de teja, para evitar la filtración de agua a través de la unión de la primera hilada del tejado y el alero, debe realizarse en el borde un recalce de asiento de las piezas de la primera hilada de tal manera que ten-



**Figura 5.24 Encuentro entre muro y cubierta**

gan la misma pendiente que las de las siguientes, o debe adoptarse cualquier otra solución que produzca el mismo efecto.

#### c) Bordes extremos de los faldones

Los bordes extremos de los faldones se pueden resolver con un perfil metálico que se fija sobre el alero (Figura 5.25).

Para ello, se solapa el perfil sobre la primera capa de impermeabilización y se fija al frontal del alero. Además, se añade un reforzamiento con una banda de 25 cm de ancho que se adhiere sobre la junta entre el perfil y la primera capa de impermeabilización.

Si se opta por no utilizar el perfil metálico, la banda de refuerzo se debe prolongar 5 cm sobre el frontal del alero.

El material de cubrimiento debe sobresalir un mínimo de 7 cm sobre el frontal del alero para evitar que el agua de la lluvia remonte hacia la fachada y filtre por la junta existente entre el alero y la cubierta.



#### d) Borde lateral

En el borde lateral deben disponerse piezas especiales que vuelen lateralmente más de 5 cm o baberos protectores realizados *in situ*. En el último caso el borde puede rematarse con piezas especiales o con piezas normales que vuelen 5 cm.

#### e) Encuentro entre faldones: limahoya y limatesa

El encuentro entre dos faldones que forman una garganta se denomina limahoya y en ella se debe construir una base de fábrica sobre la que se adhiere tela asfáltica.

Para su impermeabilización, se refuerza con bandas de la misma tela que deben quedar insertadas por debajo del material de cubrimiento.

Otra posibilidad es ejecutar una base realizada con zinc. En este caso, el material de cubrimiento debe volar como mínimo 7 cm por encima de la línea de la limahoya terminada.

#### f) Limahoyas

- En las limahoyas deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados *in situ*.
- Las piezas del tejado deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre la limahoya.
- La separación entre las piezas del tejado de los dos faldones debe ser 20 cm como mínimo.

#### g) Cumbreñas y limatesas

La intersección entre dos faldones de una

cubierta en sentido horizontal se denomina cumbreña y el encuentro entre dos faldones que forman un vértice inclinado se llama limatesa; en ellas se debe construir o colocar un elemento que las cubra. Para su solución se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- En las cumbreñas y limatesas deben disponerse piezas especiales, que deben solapar 5 cm como mínimo sobre las piezas del tejado de ambos faldones.
- Las piezas del tejado de la última hilada horizontal superior y las de la cumbreña y la limatesa deben fijarse.
- Cuando no sea posible el solape entre las piezas de una cumbreña en un cambio de dirección o en un encuentro de cumbreñas, este encuentro debe impermeabilizarse con piezas especiales o baberos protectores.

#### h) Encuentro de la cubierta con un desagüe

Las uniones de la cubierta con el desagüe y la bajante deben ser estancas. Para conseguirlo, se colocan bandas de refuerzo que deben llegar hasta la bajante. La impermeabilización debe solapar 10 cm sobre la base del sumidero (Figura 5.26).

Los desagües tienen que estar provistos de rejillas o paragravillas que impidan el paso de residuos capaces de obstruir las bajas.

Los desagües se suelen resolver con cañoletas de caucho resistentes a la corrosión

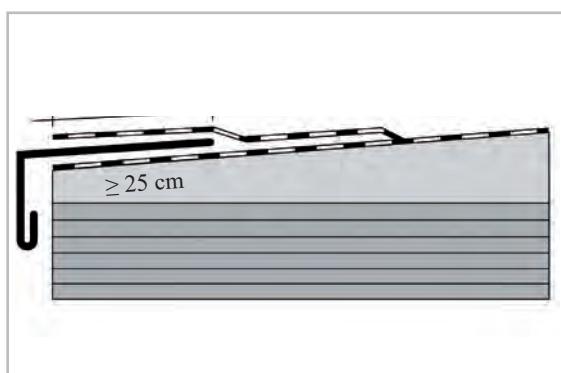


Figura 5.25 Perfil metálico sobre el alero

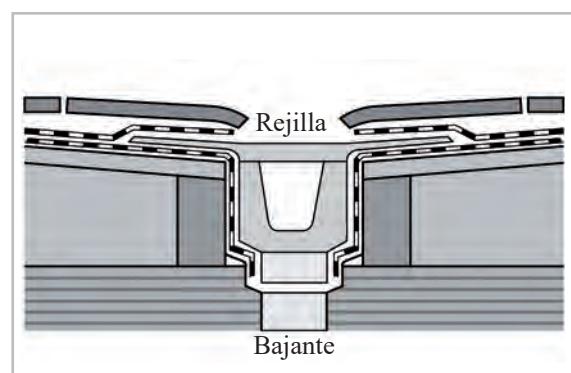


Figura 5.26 Encuentro losa - desagüe

y a las variaciones de temperatura de la cubierta. En este caso, se pone un refuerzo de tela asfáltica de  $60\text{ cm}^2$  y se suelda la cazoleta por encima. A continuación, se aplica otro refuerzo de tela de  $80\text{ cm}^2$  sobre la cazoleta y, finalmente, se instala la capa de impermeabilización.

#### i) Encuentro de la cubierta con elementos pasantes

Los elementos pasantes no deben disponerse en las limahoyas.

La parte superior del encuentro del faldón con el elemento pasante debe resolverse de tal manera que se desvíe el agua hacia los lados del mismo.

- En el perímetro del encuentro deben disponerse elementos de protección.



#### j) Lucernarios

- Deben impermeabilizarse las zonas del faldón que estén en contacto con el precerco o el cerco del lucernario mediante elementos de protección prefabricados o realizados *in situ*.
- En la parte inferior del lucernario, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas del tejado y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro y en la superior, colocarse por debajo y prolongarse 10 cm como mínimo.

#### k) Anclaje de elementos

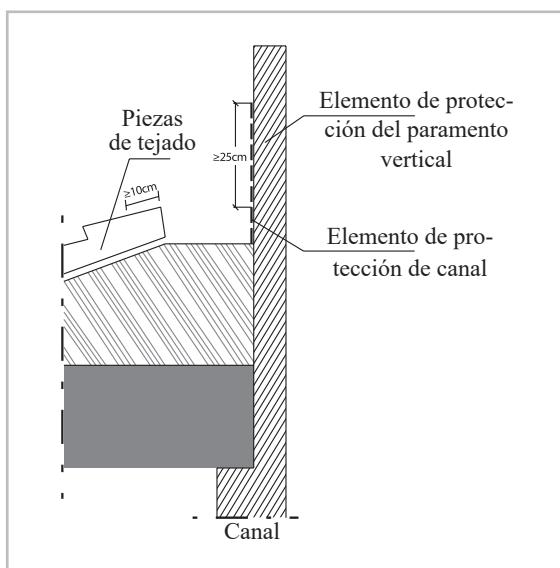
Los anclajes no deben disponerse en las limahoyas, sino disponer elementos de protección prefabricados o realizados *in situ*, que deben cubrir una banda del elemento anclado de una altura de 20 cm como mínimo por encima del tejado.

#### l) Canales

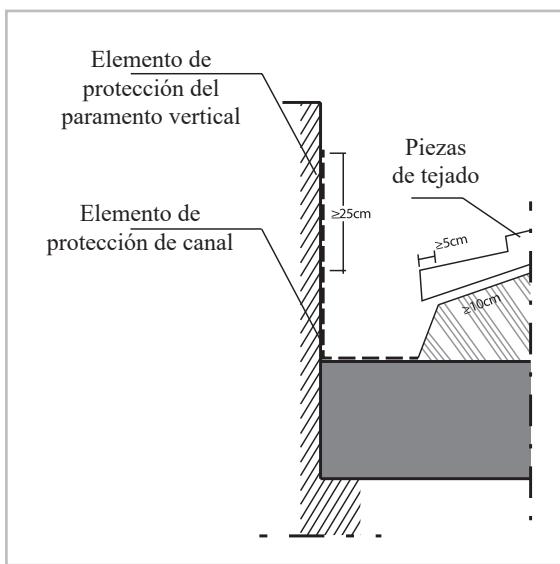
- Para la formación de la canal deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados *in situ*.
- Las canales deben disponerse con una pendiente hacia el desagüe del 1%, como mínimo.
- Las piezas del tejado que vierten sobre la canal deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre la misma.
- Cuando la canal esté a la vista, debe disponerse el borde más cercano a la fachada de tal forma que quede por encima del borde exterior del mismo.
- Cuando la canal esté situada junto a un paramento vertical deben disponerse:
  - Elementos de protección por debajo de las piezas del tejado de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo, cuando el encuentro sea en la parte inferior del faldón.
  - Elementos de protección prefabricados o realizados *in situ* de tal forma que cubran una banda del paramento vertical por encima del tejado, de 25 cm como mínimo (Figuras 5.27 y 5.28).

Cuando la canal esté situada en una zona intermedia del faldón debe disponerse de tal forma que:

- El ala de la canal se extienda por debajo de las piezas del tejado 10 cm como mínimo.
- La separación entre las piezas del tejado a ambos lados de la canal sea de 20 cm como mínimo.
- El ala inferior de la canal debe ir por encima de las piezas del tejado.



**Figura 5.27 Encuentro muro, canal y cubierta**



**Figura 5.28 Encuentro muro, canal y cubierta**

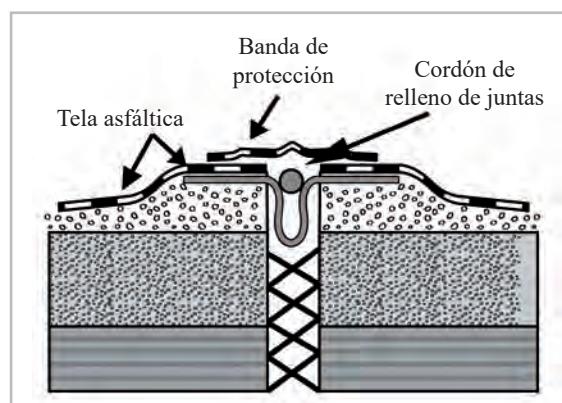
### m) Juntas en la cubierta

Durante el proceso de impermeabilización de una cubierta se deben respetar tanto las juntas de dilatación existentes en la edificación, como las juntas auxiliares de la propia cubierta (Figuras 5.29 y 5.30).

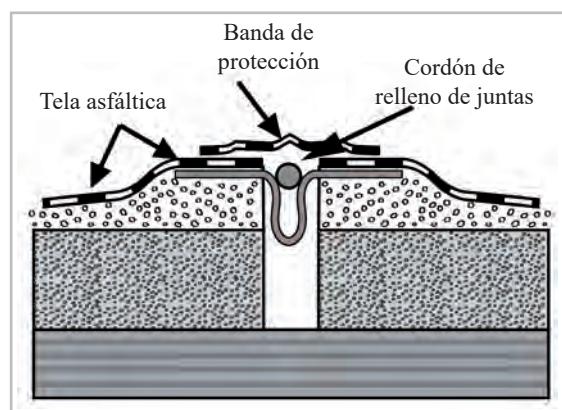
Siempre que la distancia entre juntas de dilatación de la edificación sea superior a 15 m, se deben realizar juntas auxiliares en la cubierta.

La impermeabilización de las juntas se resuelve reforzándolas con una banda de tela asfáltica. La tela se dobla por el centro y se inserta en la junta. Después se solapa sobre los bordes de la junta y se sueldan los solapados a la cubierta.

En el Cuadro 5.1 se sintetizan los elementos para el diagnóstico e intervención de la edificación con presencia de humedad (causa, consecuencia, problema, solución).



**Figura 5.29 Junta de dilatación en cubierta**



**Figura 5.30 Junta auxiliar de cubierta**

**Cuadro 5.1 Elementos para el diagnóstico e intervención en edificaciones con presencia de humedades**

CAUSA	CONSECUENCIA	PROBLEMA	SOLUCIÓN
El agua en el ambiente	Efectos de la humedad en las edificaciones	Humedad en las edificaciones	Preventiva y correctiva a los problemas de humedad
Origen de la humedad en el ambiente se presenta por: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de lluvia</li> <li>• Agua de nieve</li> <li>• Agua del rocío matinal</li> <li>• Condensación de la niebla</li> <li>• Humedad del terreno</li> </ul>	La penetración de la humedad en las edificaciones afecta a los materiales de construcción y la calidad de vida de las personas, produciendo los siguientes efectos: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Degradación estructural</li> <li>2. Afectación de los acabados</li> <li>3. Disminución del aislamiento térmico</li> <li>4. Daños en la salud de las personas y</li> <li>5. Devaluación en las edificaciones</li> </ol>	Se reconocen cuatro tipos de problemas por humedad: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ascendente por capilaridad</li> <li>2. Descendente por gravedad</li> <li>3. Laterales por filtración</li> <li>4. Condensación, vapor de agua contenido en el aire</li> </ol>	<b>La impermeabilización:</b> Es la protección contra efectos que el agua pueda causar a la edificación. Se considera un seguro de vida para sus habitantes y evita la devaluación del inmueble a causa de la humedad  <b>Solución preventiva:</b> Tratamiento que recibe una superficie para evitar el paso del agua, la única solución que la garantiza es la impermeabilización.  <b>Solución correctiva:</b> Efectuar supervisiones y mantenimientos periódicos. En caso de encontrar problemas de humedad debe procederse a corregirlos. Son al resultado de defectos de diseño o de ejecución, deterioro natural de la edificación en el tiempo y prácticas incorrectas de los usuarios en la fase de funcionamiento.
Formas de ingreso del agua en la edificación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lluvia</li> <li>• Aire húmedo</li> <li>• Lluvia e infiltración</li> <li>• Escurrimientos</li> <li>• Charcos</li> <li>• Capilaridad</li> <li>• Condensación</li> <li>• Infiltraciones entrepisos</li> <li>• Condensación en cuartos húmedos</li> </ul>	La humedad que se presenta en el medio natural es totalmente normal. El problema es cuando ingresa a las edificaciones y produce efectos destructivos	La clave para evitar problemas de humedad está en el proceso de planeación - proyecto y en la elaboración de los detalles constructivos de éste.	Los mantenimientos preventivos son menos costosos que los correctivos.

## GLOSARIO

### A.

**Abofamiento:** Abultamiento que se produce en un muro o pared, suelo o techo al desprenderse un revestimiento del soporte o base del mismo.

**Absorción:** Retención de un gas o vapor por un líquido o de un líquido por un sólido.

**Abrasivo:** Sustancia utilizada para desgastar o pulimentar una superficie por rozamiento. Esmeril, diamante, arena, piedra pómex, abrasivos artificiales.

**Acabado:** Pintura, recubrimiento o revestimiento protector y decorativo colocado al final de una obra.

**Acelerantes:** Sustancias que contribuyen a apremiar las propiedades físicas de un elemento o material.

**Acumulador:** Recipiente donde se almacena agua (generalmente caliente) para el consumo de aparatos.

**Adherencia:** Fuerza o unión entre dos elementos.

**Adhesivo:** Sustancia para pegar fuertemente dos piezas entre sí o una de ellas sobre una superficie.

**Adsorción:** Mecanismo que se origina en la parte interna de los poros, entre las moléculas de vapor de agua y las moléculas del material, por efecto de la atracción existente entre ellas, la cual puede estar o no en equilibrio, producto de las condiciones de temperatura y humedad ambiental.

**Agentes de la edificación (intervinien-**

**tes):** Todas las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de la edificación (promotor, proyectista, constructor, director de la obra, director de la ejecución de la obra, entidades y laboratorios de control de calidad de la edificación, suministradores de productos, propietarios y usuarios).

**Aguas negras:** Aguas residuales provenientes de baños y cocinas.

**Agua o plano de escurrimento:** Es la parte plana o inclinada por donde esurre la lluvia, y su grado de inclinación es la pendiente. La inclinación de la pendiente se puede medir de dos formas: En grados, según el ángulo que forma la pendiente con el plano horizontal, o en porcentaje, según la cantidad de centímetros que sube la pendiente por cada metro horizontal.

**Aislante no hidrófilo:** Aislante que tiene una succión o absorción de agua a corto plazo por inmersión parcial menor que 1 Kg/m<sup>2</sup> o una absorción de agua a largo plazo por inmersión total menor que el 5%.

**Aislante térmico:** Elemento que tiene una conductividad térmica menor que 0,060 W/(m•K) y una resistencia térmica mayor que 0,25 m<sup>2</sup>•K/W.

**Albardilla:** Cubierta que se coloca en la parte superior de un muro, o en pretil de azotea, para protegerlo de la entrada de agua de lluvia.

**Alfajía:** Parte inferior de un vano de ventana, con voladizo inclinado que sirve de escurridor a las aguas lluvias.

**Alféizar:** Pieza o conjunto de piezas que cubre la parte inferior del hueco de las ventanas para evitar la entrada de agua.

**Alicatado:** Revestimiento de una pared realizado con azulejos.

**Aljibe:** Depósito para almacenar agua.

**Alumbrado deseñalización:** Funciona de modo continuo, indicando salidas y pasillos.

**Anclaje:** Fijación de las carpinterías, rejas, barandillas, etc. a las paredes, suelos o techos, mediante garras metálicas, grapas, tirafondos, etc.

**Antepecho:** Muro de poca altura, formado por la elevación de los muros exteriores de un edificio que sobresale por encima de la cubierta. También llamado parapeto, pretil.

**Anticorrosivo:** Pintura elaborada con agentes inhibidores de la corrosión. Usada como base de un sistema de protección. Protege los metales contra los efectos de la corrosión.

**Antideslizante:** Superficie adecuada para evitar resbalones. Se refiere a algún producto adherido al fondo de la bañera.

**Aplacado:** Revestimiento de una pared realizado con placas, generalmente de pequeño tamaño, como plaquetas, baldosas o mosaicos.

**Aplicaciones líquidas:** Sustancias líquidas de impermeabilización.

**Apurgamiento:** Acción o efecto producto de la descomposición de un material o sustancia, por la presencia de agua o algún otro líquido, que genera una reacción sobre él o ella.

**Área efectiva (de una abertura):** área de la sección perpendicular a la dirección del movimiento del aire que está libre de obstáculos.

**Áridos:** Materiales granulares inertes, formados por fragmentos de roca o arenas, utilizados en la construcción (edificación u obras civiles) y en numerosas aplicaciones industriales. La arena, la grava y la gravilla son ejemplos de estos materiales.

**Arqueta:** Elemento de construcción que recoge y distribuye las aguas sucias que transportan los bajantes y colectores.

**Arqueta sifónica:** Último elemento de la red de saneamiento interior que impide la entrada de malos olores de la red general. Conecta mediante un tubo con la red de alcantarillado.

**Arquitrabe-cornisa:** Entablamento en el que la cornisa descansa directamente sobre el arquitrabe; carece de friso.

**Asentamiento:** Acción y efecto de asentar (hundir) los cimientos de una obra.

**Asepsia:** Ausencia de gérmenes patógeno o microbianos.

**Aspersor:** Elemento que rocía o esparce el agua de riego, de forma uniforme.

**Aspirador estático:** Pieza de remate de un conducto de ventilación, que por su forma facilita la evacuación de dicho conducto.

## B.

**Baches:** Depresión u hoyo que se forma en los pisos debido al continuo paso de peatones, vehículos, etc., así como también por la lluvia.

**Bajantes:** Conductos verticales para la evacuación de aguas pluviales y residuales.

**Barandilla:** Antepecho formado por una serie de balaustres de hierro o madera para servir de protección o apoyo.

**Barrera contra el vapor:** Elemento que tiene una resistencia a la difusión de vapor de agua ( $R_v$ ) superior o igual a  $10 \text{ MN}\cdot\text{s/g}$  equivalente a  $2,7 \text{ m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}/\text{mg}$ .

**Bomba de aceleración:** En sistemas de circulación de agua caliente, bomba de circulación usada para impulsar el agua a través de las tuberías.

**Bote sifónico:** Pequeño recipiente situado bajo el suelo al que concurren varios ramales de desagües de aparatos y está conectado al bajante o manguetón.

**Burlete:** Tira cilíndrica de material elástico colocada en los intersticios de las juntas o uniones de elementos de carpinterías para evitar que pase el aire.

## C.

**Cajas de inspección:** Estructuras de concreto instaladas en zonas estratégicas del sistema de alcantarillado, para facilitar acciones de chequeo y control de las conexiones.

**Cala:** Agujero que se hace en un terreno o en una obra de fábrica para reconocer su profundidad, composición o estructura. Acción y resultado de cortar o taladrar diversos materiales.

**Calderín:** Se denomina frecuentemente de esta forma al equipo regulador de presión en un sistema de impulsión de agua.

**Cámara de aire ventilada:** Espacio de separación en la sección constructiva de una fachada o de una cubierta que permite la difusión del vapor de agua a través de aberturas al exterior dispuestas de forma que se garantiza la ventilación cruzada.

**Cámara de bombeo:** Depósito o arqueta donde se acumula provisionalmente el agua drenada antes de su bombeo y donde están alojadas las bombas de achique, incluyendo las de reserva.

**Canal:** Elemento de forma cóncava, elaborado de manera natural o artificial, destinado al transporte de todo tipo de fluidos.

**Capa:** Película de pintura o recubrimiento colocado sobre una superficie.

**Capa aislante:** Capa horizontal de un material impermeable colocada en la hilera inferior de una obra para evitar el ascenso de la humedad por atracción capilar. También llamada capa hidrófuga, hilada aislante, obturador de humedad.

**Capa antipunzonamiento:** Capa separadora que se interpone entre dos capas sometidas a presión y que sirve para proteger a la menos resistente y evitar con ello su rotura.

**Capa de protección:** producto que se dispone sobre la capa de impermeabilización para protegerla de las radiaciones ultravioleta y del impacto térmico directo del sol y además favorece la escorrentía y la evacuación del agua hacia los sumideros.

**Capa de regulación:** Capa que se dispone sobre la capa drenante o el terreno para

eliminar las posibles irregularidades y desniveles y así recibir de forma homogénea el hormigón de la solera o la placa.

**Capa de rodadura:** Capa que se coloca o extiende sobre un piso para nivelarlo y permitir el paso de peatones y vehículos eficientemente.

**Capa hidrófuga:** Capa horizontal de un material impermeable colocada en la hilera inferior de una obra para evitar el ascenso de la humedad por atracción capilar.

**Capa separadora:** Capa que se intercala entre elementos del sistema de impermeabilización para todas o algunas de las finalidades siguientes: a) evitar la adherencia entre ellos; b) proporcionar protección física o química a la membrana; c) permitir los movimientos diferenciales entre los componentes de la cubierta; d) actuar como capa antipunzonante; e) actuar como capa filtrante; f) actuar como capa ignífuga.

**Capilaridad:** Fenómeno según el cual la superficie de un líquido en contacto con un sólido se eleva o se deprime debido a la fuerza resultante de atracciones entre las moléculas del líquido (cohesión) y las de éste con las del sólido (adhesión).

**Carcoma:** Acción producida por pequeños animales que atacan y destruyen la madera reduciéndola a polvo. Insecto coleóptero de color oscuro cuya larva hace orificios en la madera pudiendo causar su lenta destrucción.

**Cata:** Tomar una pequeña porción de algo para examinarla, comprobar su estado y calidad. Excavación o pozo en el terreno para determinar si es apto para la construcción, y así mismo determinar la profundidad de la capa freática.

**Cazoleta:** Elemento que recoge el agua de las azoteas y patios para evacuarla a la red general de saneamiento.

**Celosía:** Cerramientos calados de huecos de fachadas, compuestos por piezas de diferentes materiales (cerámica, hormigón, PVC, madera, aluminio, etc.), medidas y formas, fijas o móviles.

**Cerámica:** Productos moldeados de barro arcilloso, tales como tejas, ladrillos, bal-

dosas, etc., que después de sometidas a cocción adquieren una gran dureza.

**Cerco:** Elemento de carpintería del que generalmente se cuelga una hoja de puerta o ventana para abrir y cerrar un hueco.

**Cercha:** Estructura metálica que se coloca generalmente en cubiertas, constituida de cordón inferior traccionado, cordón superior comprimido, parantes verticales y tijerales diagonales.

**Chapado:** Aplacado (revestimiento con placas) de piedra natural o artificial, realizado con piezas de mediano tamaño.

**Cierre hidráulico:** Protección contra malos olores formada por una barrera hidráulica que se intercala en los conductos de desagüe. También se denomina sifón.

**Coeficiente de permeabilidad:** Parámetro indicador del grado de permeabilidad de un suelo medido por la velocidad de paso del agua a través de él. Se expresa en m/s o cm/s. Puede determinarse directamente mediante ensayo en permeámetro o mediante ensayo *in situ*, o indirectamente a partir de la granulometría y la porosidad del terreno.

**CO<sub>2</sub>, CO:** Gases en el ambiente que atacan el concreto.

**Colector:** Tubería general del edificio que recoge las aguas sucias para llevarla al alcantarillado.

**Columna:** Elemento vertical que sostiene una construcción conformada por vigas, placas o losas y techos.

**Columna de ventilación:** Conjunto de tubos que discurre paralelamente a los bajantes de un edificio y cuyo objeto es evitar que los sifones se queden sin agua.

**Columna seca:** Tubería vertical de acero con tomas de agua en los distintos pisos del edificio para caso de incendio, de uso exclusivo de bomberos. Está siempre sin agua, salvo cuando los bomberos la utilizan para apagar un incendio.

**Componente:** Cada una de las partes de las que consta un elemento constructivo.

**Componentes estructurales:** Elementos que forman parte del sistema resistente de la estructura: columnas, vigas, muros, cimentaciones, losas y otros.

**Componentes no estructurales:** Elementos que no forman parte del sistema resistente de la estructura. Corresponden a elementos arquitectónicos y equipos y sistemas necesarios para el desarrollo de la operación propia de la edificación. Entre los componentes no estructurales más importantes se incluyen elementos arquitectónicos tales como fachadas, divisiones interiores, estructuras de techumbre, etc.; sistemas y componentes tales como líneas vitales, equipamiento industrial, mobiliario, sistemas de distribución eléctrica, instalaciones básicas, sistemas de climatización y de transporte vertical.

**Compresor:** Aparato que sirve para comprimir un fluido, principalmente aire, a una presión dada.

**Concreto:** Producto formado de la mezcla de cemento, arena, grava, agua y aditivos.

**Concreto de consistencia fluida:** Hormigón que, ensayado en la mesa de sacudidas, presenta un asentamiento comprendido entre el 70% y el 100%, que equivale aproximadamente a un asiento superior mayor que 20 cm en el cono de Abrams.

**Concreto de elevada compacidad:** Hormigón con un índice muy reducido de huecos en su granulometría.

**Concreto hidrófugo:** Hormigón que, por contener sustancias de carácter químico hidrófobo, evita o disminuye sensiblemente la absorción de agua.

**Concreto de retracción moderada:** Hormigón que sufre poca reducción de volumen como consecuencia del proceso físico-químico del fraguado, endurecimiento o desecación.

**Concreto reforzado:** Material constituido por cemento, arena, grava y agua, que al mezclarse se transforma en un material endurecido permanentemente, muy resistente a la compresión, en cuyo interior se han colocado varillas de acero longitudinal y transversal para resistir los esfuerzos de tracción.

**Condensación:** Acción y efecto que se produce al convertirse un vapor en líquido. Aparición de agua líquida en una superficie

más fría que el ambiente (ej.: el vaho en los cristales en invierno).

**Condensadora:** En los equipos de aire acondicionado llamados partidos, la unidad donde se produce el fluido caloportador.

**Configuración en planta:** Disposición arquitectónica en planta de las edificaciones.

**Confort:** Comodidad, bienestar.

**Conservación:** Consiste en la aplicación de los procedimientos técnicos cuya finalidad es la de detener los mecanismos de alteración o impedir que surjan nuevos deterioros en la edificación. Su objetivo es garantizar su permanencia en el tiempo.

**Contador:** Aparato para la medida de consumo, generalmente de electricidad, agua y gas.

**Contenido de humedad:** Cantidad de humedad contenida en una pieza de madera medida como porcentaje en relación con el peso de la misma totalmente seca.

**Contrapresión de agua** (presión negativa): Cuando el agua incide por detrás del revestimiento impermeabilizante, es decir a través del muro y sobre el contacto de éste con su revestimiento.

**Coquilla:** Forro envolvente de material aislante térmico que se aplica a las tuberías de agua caliente.

**Cornisa:** Cualquier proyección moldurada que corona o finaliza la pared o muro al cual está fijada. Parte superior de un entablamiento clásico, que descansa sobre el friso.

**Corriente de defecto:** Intensidad no deseada que puede circular en aparatos metálicos o circuitos, debidas a un deficiente funcionamiento del sistema eléctrico.

**Cromado:** Capa de cromo que protege a los grifos metálicos contra la oxidación dándoles además un aspecto más agradable.

**Cubierta:** Parte exterior del techo que aísla y evita el paso de la lluvia, nieve, viento, sol, etc., al interior de la vivienda. Una buena cubierta debe ser impermeable al agua y resistente a la acción de la intemperie. Desde el punto de vista de la arquitectura, se identifican los techos por su forma, cuyo diseño será determinado básicamente

por el número de planos o aguas establecidos por el arquitecto.

**Cubrejunta:** Pequeña pieza de madera o metal que se utiliza para fijar una junta a tope.

**Culata:** Cara opuesta o lateral a la fachada.

**Cumbrera:** Línea o eje superior horizontal que forma la intersección de losfaldones de una cubierta o encuentro de dos o más planos de escurreimiento.

**Curado:** Tratamiento aplicado al concreto o al mortero para evitar la pérdida de agua que necesita el cemento para su hidratación. Puede hacerse con agua o compuestos químicos.

## D.

**Deflexión:** Desplazamiento, normalmente vertical, de elementos estructurales horizontales como vigas o losas, en respuesta a la acción de cargas verticales como peso propio de elementos y por sobrecarga de uso; pueden ser imperceptibles.

**Deriva:** Desplazamientos laterales de la edificación, generalmente ocasionados por sismos o viento.

**Descalcificador:** Equipo instalado en una red de agua que elimina o disminuye la sustancia calcárea contenida en ella.

**Descascaramiento:** Defecto o daño que se produce en una pintura, recubrimiento o revestimiento por pérdida de la adherencia, desprendiéndose en lajas o escamas.

**Desinfección:** Acción y efecto de quitar la infección, destruyendo los gérmenes nocivos o evitando su desarrollo.

**Desolidarización:** Ubicación de una capa intermedia, utilizada para que los estratos superiores no se vean afectados por los movimientos del soporte base; su función es absorberlos y neutralizarlos, por lo que está en capacidad de asimilar las tensiones del soporte, evitando grietas que pueden generar fisuras o el levantamiento del material de recubrimiento o acabado.

**Desplome:** Pérdida de la posición vertical de una pared u otro elemento constructivo.

**Deterioro:** Alteraciones perjudiciales sufridas por un objeto.

**Difusores:** Elementos donde termina la impulsión de aire acondicionado y se encargan de expandirlo en el local climatizado.

**Dosificación:** Cantidades en que deben ser adicionados los componentes de una mezcla (mortero, concreto u hormigón, aditivo, pintura, etc.).

**Drenaje:** Disposición constructiva para desaguar o propiciar la salida del agua infiltrada en el terreno u operación de dar salida a las aguas muertas o a la excesiva humedad de los terrenos por medio de zanjas o cañerías.

**Durabilidad:** Tiempo que resiste un elemento construido sin dañarse.

## E.

**Elástico:** Que recobra su forma después de haber sido estirado o deformado.

**Elemento constructivo:** Parte del edificio con una función independiente. Se entienden como tales los suelos, los muros, las fachadas y las cubiertas.

**Elemento pasante:** Elemento que atraviesa un elemento constructivo. Se entienden como tales las bajantes y las chimeneas que atraviesan las cubiertas.

**Empuje:** Fuerza ejercida sobre un elemento de construcción.

**Encachado:** Capa de grava de diámetro grande que sirve de base a una solera apoyada en el terreno con el fin de dificultar la ascensión del agua del terreno por capilaridad.

**Enchapar:** Acción de colocar elementos sobre una superficie para embellecerla y protegerla.

**Enduido:** Masilla al agua, de color blanco, compuesta por tres elementos ligados por dispersión en polímeros, que sirve para llenar fisuras, grietas e imperfecciones, que puede aplicarse a paredes interiores, mampostería, yeso o similares

**Enfoscado:** Revestimiento de una pared, realizado con mortero de cemento.

**Enjarje:** Cada uno de los dentellones que se forman en la interrupción lateral de un muro para su trabazón al proseguirlo.

**Enlucido:** Revestimiento fino, generalmente aplicado sobre otro más basto, para mejorar el aspecto superficial de la pared. El yeso y la cal son los materiales más frecuentemente utilizados. Capa fina de material, cemento o mortero destinada a alisar la superficie de albañilería, para sellarla posteriormente contra la humedad.

**Entibación:** Acción de colocar una estructura provisional con el fin de retener los posibles desprendimientos del suelo cuando se realizan trabajos de excavación.

**Esmalte:** Pintura elaborada con pigmentos que produce una película de acabado protector, decorativo, duro, liso y brillante o semimate.

**Enmascarar:** Cubrir temporalmente una superficie con papel y/o cinta adhesiva para evitar que se contamine un producto.

**Estanqueidad:** Cualidad que poseen los recipientes o depósitos que no permiten el paso del agua a través de sus muros o paredes.

**Estructuras de mampostería simple:** Estructuras con paredes sin refuerzo interior ni enmarcado completo con columnas y vigas. Los mampuestos pueden ser adobes, ladrillos, bloques de concreto u hormigón, tapia pisada, bloques de tierra prensada, bloques de terrocemento o incluso bloques de piedra.

**Estuco:** Masa preparada con yeso, cemento, caolín y otros materiales para empapar superficies revocadas o pañetadas, que van a ser pintadas mejorando así el acabado y disminuyendo los costos de los materiales.

**Evaporadora:** En los equipos de aire acondicionado llamados partidos, la unidad donde se produce aire caliente o frío.

**Extintor:** Aparato portátil de uso manual que se utiliza para apagar incendios.

**Extractores:** Ventilador cuya misión es expulsar al exterior el aire viciado o humo de un local.

## F.

**Fachada:** Frente exterior o cara principal de una edificación.

**Factor de humedad:** Coeficiente que

permite disminuir los valores de humedad con respecto a las dimensiones de una pieza de madera que se prevé que va a aumentar más de un 19% durante su uso.

**Faldón:** Vertiente o plano inclinado de un tejado por el que discurren las aguas de lluvia hasta el exterior o hasta los elementos de desagüe.

**Falso techo:** Techo situado debajo del forjado que está suspendido de éste y, en su caso, fijado a las paredes.

**Filtración:** Agua que atraviesa un muro o un cielo raso presentándose en forma de manchas de humedad.

**Filtro:** Material poroso a través del cual se hace pasar un líquido.

**Fisuras:** Hendidura longitudinal de poca profundidad y apenas perceptible.

**Forjados:** Elementos resistentes de las estructuras de un edificio, de desarrollo superficial generalmente planos y horizontales, que sirven de soporte a suelos y techos del edificio. También conocidos como losa.

**Formación de pendientes (sistema de):** Sistema constructivo situado sobre el soporte resistente de una cubierta y que tiene una inclinación para facilitar la evacuación de agua.

**Fosa séptica:** Pozo donde se ubican los desechos orgánicos. Depósito subterráneo, en el que las aguas residuales se desintegran por acción bacteriana.

**Fusible:** Dispositivo de seguridad para proteger los circuitos de una sobrecarga de corriente eléctrica.

## G.

**Gárgola:** Parte final del caño o canal por donde vierte al exterior el agua de los tejados o terrazas.

**Gasodoméstico:** Aparato de uso doméstico que utiliza el gas como fuente de energía.

**Geología:** Ciencia que analiza los cambios orgánicos e inorgánicos que se dan en la naturaleza.

**Geotextil:** Tipo de lámina plástica que contiene un tejido de refuerzo y cuyas prin-

cipales funciones son filtrar, proteger químicamente y desolidarizar capas en contacto.

**Grado de impermeabilidad:** Número indicador de la resistencia al paso del agua, característica de una solución constructiva, definido de tal manera que crece al crecer dicha resistencia y, en consecuencia, cuanto mayor sea la humedad mayor debe ser el grado de impermeabilidad de dicha solución para alcanzar el mismo resultado.

**Gráfica psicrométrica:** Gráfica que muestra la relación entre la temperatura de rocío, la temperatura seca, la temperatura húmeda, la humedad relativa y la humedad absoluta.

**Gres:** Material de gran dureza, muy compacto e impermeable, que en forma de losetas o plaquetas se utiliza frecuentemente en la pavimentación o aplacado de cocinas, lavaderos y cuartos de baño o aseo.

**Grieta:** Abertura longitudinal de anchura y profundidad considerables que aparece en la superficie de un sólido.

**Grifo:** Dispositivo que permite regular el paso de un líquido por un conducto mediante un obturador.

**Grupo de presión:** Equipo encargado de producir la presión necesaria para que el agua alcance las plantas más elevadas del edificio.

**Guarnecido:** Revestimiento de una pared, realizado con pasta de yeso.

## H.

**Herrajes de cuelgue:** Conjunto de piezas metálicas con que se equipa una carpintería de puerta o ventana, tales, como bisagras, pernos, guías, etc., para posibilitar el giro o deslizamiento de las hojas.

**Herrajes de seguridad:** Conjunto de piezas metálicas con que se equipa una carpintería de puerta o ventana, tales como cerrojos, pasadores, cerraduras, pestillos, etc. para asegurar el cierre de las mismas.

**Hidrante:** Toma de agua en el exterior de los edificios para uso exclusivo de bomberos.

**Hierro de refuerzo:** Elementos de acero

que se colocan al concreto para soportar cargas y absorber esfuerzos.

**Higroscopidad:** Propiedad de un material de absorber o ceder agua en función de la humedad relativa del ambiente en que se encuentra.

**Hoja exterior:** Define la cara exterior del edificio, formando la cámara de aire (revestimiento cerámico).

**Hoja interior:** Soporte sobre el que se asentará la fachada ventilada. Cerramiento básico del edificio que se apoya en la estructura del edificio, independizando la hoja exterior mediante el sistema de anclaje.

**Hoja principal:** Hoja de una fachada cuya función es la de soportar el resto de las hojas y componentes de la fachada, así como, en su caso desempeñar la función estructural.

**Hormigón:** Denominado también concreto, mezcla que se utiliza en la construcción, constituida por conglomerantes como cemento, con áridos como grava, arena y agua.

**Hormiguero:** Cavidad o hueco que queda en el concreto por deficiencias en su colocación y acabado.

**Humedad:** Cantidad de vapor de agua contenida en el aire. Se considera como uno de los factores principales de alteración del estado de las edificaciones. Puede proceder el ambiente exterior (lluvias, ríos, lagos, mar, terrenos húmedos), de los muros (goteo o tuberías abiertas, capilaridad o ascensión de la humedad del terreno por los muros), o del interior (la respiración, labores de aseo, la condensación).

**Humedad absoluta:** Relación entre la masa de vapor de agua y el volumen de la humedad del aire en que está contenido.

**Humedad atmosférica:** Humedad que se encuentra en el aire que depende de la temperatura; expresada en %.

**Humedad de condensación:** La que se produce por la condensación del vapor de agua en las partes más frías de techos y paredes.

**Humedad de filtración:** La que se produce por la entrada de agua a través de una fisura u orificio en la superficie que contacta con el agua.

**Humedad relativa:** Es la cantidad de vapor de agua contenida en un espacio de aire determinado. A mayor cantidad de calor, mayor capacidad de humedad ambiental. Cuando el aire mantiene mucha humedad, se puede llegar a alterar los materiales, principalmente aquellos de origen orgánico y favorecer la corrosión de los metales y la proliferación de organismos.

**Humectación:** Acción y efecto de humedecer.

## I.

**Ignífugo:** Que impide la inflamación o combustión de un material ante el fuego.

**Imposta:** Faja saliente que corre horizontalmente en la fachada de los edificios.

**Impermeabilización:** Procedimiento destinado a evitar el mojado o la absorción de agua por un material o elemento constructivo. Puede hacerse durante su fabricación o mediante la posterior aplicación de un tratamiento.

**Impermeabilizante:** Producto que evita el paso de agua a través de los materiales tratados con él.

**Impermeabilidad:** Resistencia que ofrece un revestimiento a la penetración del agua de lluvia.

**Impermeable:** Cualidad de algunos cuerpos o materiales que no dejan pasar líquidos o gases por su masa.

**Imprimación:** Colocación de un material sobre una superficie, para que penetre en sus poros tapándolos y formando una capa uniforme que mejora la adherencia con otros materiales.

**Inmunizar:** Proteger contra ciertos ataques o enfermedades.

**Índice pluviométrico anual:** Para un año dado, es el cociente entre la precipitación media y la precipitación media anual de la serie.

**Inyección:** Introducción a presión de una sustancia líquida o semilíquida dentro de un cuerpo. Técnica de recalce consistente en el refuerzo o consolidación de un terreno de cimentación mediante la introducción en él a presión de un mortero de cemento fluido con

el fin de que rellene los huecos existentes.

**Inodoro:** Aparato sanitario también conocido como *water* o retrete.

**Interruptor:** Mecanismo para impedir o permitir el paso de la corriente eléctrica.

**Intradós:** Superficie interior del muro.

## J.

**Junta:** Separación entre dos elementos contiguos de una construcción. Cualquier línea o superficie por donde se hace un empalme, ensambladura o costura.

**Juntas de caucho:** Uniones conformadas por material elástico de goma sintética y de fácil adaptación a movimientos y altas temperaturas.

**Junta de dilatación:** Abertura continua, de desarrollo longitudinal, rellena con material elástico, dispuesta en la fachada o cubierta de un edificio para absorber las dilataciones térmicas.

**Junta de estanqueidad:** Junta dispuesta en la unión o encuentro entre distintos elementos constructivos para evitar el paso de aire y agua.

**Juntas de mortero:** Uniones conformadas por una mezcla de cemento, arena y agua. La arena proporciona a la mezcla volumen.

## L.

**Ladrillo:** Mampuesto utilizado en la fabricación de edificaciones, compuesto de arcilla cocida.

**Lámina drenante:** Lámina que contiene nodos o algún tipo de pliegue superficial para formar canales por donde pueda discurrir el agua.

**Lámina filtrante:** Lámina que se interpone entre el terreno y un elemento constructivo y cuya característica principal es permitir el paso del agua a través de ella e impedir el paso de las partículas del terreno.

**Lechada:** Mezcla de cemento más agua y aditivo.

**Lima:** Encuentro entre los planos o vertientes de la superficie de una azotea o tejado.

**Limahoya:** Lima de un tejado o azotea que se corresponde con el ángulo entrante. Lleva las aguas de lluvia que se recoge de las distintas vertientes que se dirigen hacia ella. Línea de intersección de dos vertientes de cubierta que se juntan formando un ángulo cóncavo.

**Limatesa:** Lima de un tejado o azotea que se corresponde con el ángulo saliente. Separa las aguas de lluvia dirigiéndolas hacia distintas vertientes. Línea de intersección de dos vertientes de cubierta que se juntan formando un ángulo convexo.

**Líneas vitales:** Elementos básicos que forman parte del sistema de servicio de una edificación o conjunto de ellas: sistemas de abastecimiento de agua potable, gases, energía, comunicación, saneamiento, etc.

**Lлага:** Junta vertical entre dos ladrillos de una misma hilada.

**Llave de escuadra:** Permiten cortar la entrada del agua a cada grifo de los distintos aparatos de la vivienda (excepto bañeras y duchas).

**Lodo de bentonita:** Suspensión en agua de bentonita que tiene la cualidad de formar sobre una superficie porosa una película prácticamente impermeable y que es tixotrópica, es decir, tiene la facultad de adquirir en estado de reposo una cierta rigidez.

**Lucernario:** Ventana situada en el techo y proporciona luz o ventilación a un espacio. También se le conoce como tragaluz.

## M.

**Mampostería:** Muro o pared de albañilería compuesta de bloques —mampuestos—, fabricados por el ser humano: ladrillos, adobes, bloques de concreto con celdas aligerantes, bloques de ferrocemento, etc., unidos con una mezcla de cal, arena, cemento y agua.

**Manguetón:** Conducto de evacuación de amplio diámetro para desagüe de inodoros que enlaza directamente al bajante.

**Manguitos:** Anillos que forman y protegen la unión de dos tubos que no cambian de dirección.

**Manómetro:** Aparato para medir la presión.

**Mantenimiento:** Acciones que se realizan para conservar una cosa con la intención de que permanezca en el tiempo. El mantenimiento tiene como fin evitar que la edificación intervenida vuelva a deteriorarse, por lo que se realiza después de que se han concluido los trabajos de conservación o restauración (según sea el grado de intervención) efectuados a la edificación.

**Masilla:** Pasta, material de relleno elástico o plástico que se utiliza para diversos usos como sello de juntas, etc.

**Material aislante térmico:** Impide la transmisión térmica entre el interior y el exterior de la fachada. Incluye una estructura portante que permite la colocación del paramento exterior, contemplando la cámara necesaria para la convección del aire en el interior de la fachada ventilada.

**Mecanismos eléctricos:** Elementos de uso directo en una instalación eléctrica (tomas de corriente, interruptores, pulsadores).

**Mezcla:** Cualquier combinación de dos o más materiales como mortero, concreto, etc.

**Mezcladores:** Válvulas para la mezcla de agua caliente y fría acoplables a las griferías sanitarias.

**Monomando:** Palanca única de mando, que en un grifo, sirve para regular al mismo tiempo el caudal y la temperatura del agua.

**Montante:** Tubería vertical por la que asciende el agua para el suministro de una edificación.

**Mobiliario:** Conjunto de muebles pertenecientes a una casa o recinto.

**Mortero de cemento:** Mezcla pastosa de cemento, arena y agua.

**Mortero hidrófugo:** Mortero que, por contener sustancias de carácter químico hidrófobo, evita o disminuye sensiblemente la absorción de agua.

**Mortero hidrófugo de baja retracción:** Mortero que reúne las siguientes características: a) contiene sustancias de carácter químico hidrófobo que evitan o disminuyen sensiblemente la absorción de agua; b) experimenta poca reducción de volumen como

consecuencia del proceso físico-químico del fraguado, endurecimiento o desecación.

**Mortero pobre:** Mortero que tiene una dosificación, expresada en Kg de cemento por  $m^3$  de arena, menor o igual que 1/8.

**Mueble:** Objeto asociado a un edificio o habitación y que puede reubicarse o retirarse.

**Muro:** Pared que sirve para soportar cargas o para dividir espacios.

**Muro de carga:** Fábrica resistente de ladrillo, piedra u otro material que soporta cargas transmitidas por otros elementos constructivos, y que forma parte de la estructura portante de un edificio.

**Muro flexorresistente:** Muro armado que resiste esfuerzos de compresión y de flexión. Este tipo de muro se construye después de realizado el vaciado del terreno del sótano.

**Muro de gravedad:** Muro no armado que resiste esfuerzos principalmente de compresión. Este tipo de muro se construye después de realizado el vaciado del terreno del sótano.

**Muro pantalla:** Muro armado que resiste esfuerzos de compresión y de flexión. Este tipo de muro se construye en el terreno mediante el vaciado del terreno exclusivo del muro y el consiguiente hormigonado *in situ* o mediante el hincado en el terreno de piezas prefabricadas. El vaciado del terreno del sótano se realiza una vez construido el muro.

**Muro parcialmente estanco:** Muro compuesto por una hoja exterior resistente, una cámara de aire y una hoja interior. El muro no se impermeabiliza sino que se permite el paso del agua del terreno hasta la cámara donde se recoge y se evacúa.

## N.

**Nivel freático:** Es el nivel en que se encuentran las aguas subterráneas. Cuanto más alto sea el nivel freático más cerca están las aguas subterráneas de la superficie. Valor medio anual de la profundidad con respecto a la superficie del terreno de la cara superior de la capa freática. Nivel de agua subterránea en el suelo o en el subsuelo.

## O.

**Obturador:** Cualquiera de las sustancias empleadas para inyectarlas en la junta de una edificación, que al secarse forman un material o una película flexible e impermeable que evita la penetración de aire o agua en la edificación. También llamado sellador de junta.

**Obturador de estancamiento:** Tira flexible, o diafragma, de goma o plástico que se introduce en una junta de hormigón para evitar la penetración de agua.

**Obturador de solera:** Material fibroso que se coloca entre una peana y un muro de cimentación, para cortar la entrada de aire.

**Oxidación:** Destrucción por corrosión de un material por reacción química o electroquímica con el ambiente al cual está expuesto.

**Ozono:** Capa de gas atmosférico que protege de los rayos ultravioletas del sol y de las enfermedades que los mismos pueden producir (cáncer de piel, cataratas, etc.).

## P.

**Pañete:** Es la aplicación de una o varias capas de mortero que se colocan en muros o cielos para nivelar y dar acabado a la superficie.

**Parapeto:** Muro de poca altura, formado por la elevación de los muros exteriores de un edificio que sobresale por encima de la cubierta. También llamado antepecho, pretil.

**Parcheo:** Arreglo de una falla existente en una superficie.

**Par galvánico:** Se denomina así a la situación originada por dos partes distintas de una superficie metálica o de dos metales diferentes, que en contacto con un electrólito (generalmente agua) tienen una diferencia de potencial, por lo que se forma una pila galvánica en la que el ánodo (potencial más negativo) se corrode, mientras que el cátodo (potencial menos negativo) no sufre corrosión (sufre reducción; es decir, recibe electrones).

**Patología:** Estudio de lesiones y defectos de elementos de construcción.

**Pendientado:** Inclinación de las láminas o placas de cubierta o pisos hacia los desagües.

**Permeabilidad:** Capacidad que tiene un revestimiento de permitir el paso de vapor de agua.

**Permeabilidad al vapor de agua:**Cantidad de vapor de agua que se transmite a través de un material de espesor unidad por unidad de área, unidad de tiempo y de diferencia de presiones parciales de vapor de agua.

**Pilar:** Elemento resistente vertical de la estructura de un edificio, donde apoyan las vigas. Su dimensión predominante es la altura.

**Pintura impermeabilizante:** Compuesto líquido pigmentado que se convierte en película sólida después de su aplicación y que impide la filtración y la absorción de agua a través de él.

**Placa:** Solera armada para resistir mayores esfuerzos de flexión como consecuencia, entre otros, del empuje vertical del agua freática. Plancha, losa, pieza plana de bajo espesor comparado con su ancho y largo, que va sobre vigas y columnas.

**Placa de contrapiso:** Placa que coloca sobre el piso o suelo.

**Plomería:** Actividad relacionada con la instalación de sistemas de abastecimiento de agua y evacuación de las aguas residuales.

**Polución:** Contaminación atmosférica.

**Pozo drenante:** Pozo efectuado en el terreno con entibación perforada para permitir la llegada del agua del terreno circundante a su interior. El agua se extrae por bombeo.

**Pozo de registro:** Recipiente estanco intercalado en la red enterrada de saneamiento o de alcantarillado, con tapa para su apertura y registro.

**Precerco:** Elemento de madera que se fija al tabique para luego recibir el cerco de una puerta.

**Prefabricado:** Elemento que se construye en serie y es transportado hasta el sitio de colocación tal como viene de origen.

**Preformado:** Elemento o pieza de cual-

quier material que ha sido moldeado previamente.

**Preservación:** Es el conjunto de medidas cuyo objetivo es prevenir del deterioro las edificaciones. Es una acción que antecede a las intervenciones de conservación y/o restauración, procurando que, con estas actividades, las alteraciones se retarden lo más posible, e implica realizar operaciones continuas que buscan mantenerla en buenas condiciones.

**Presión de agua (presión positiva):** Cuando el agua incide directamente sobre el revestimiento impermeabilizante.

**Pretil:** Muro de poca altura, formado por la elevación de los muros exteriores de un edificio que sobresale por encima de la cubierta. También llamado antepecho, parapeto. Muro de poca altura construido sobre la losa de azotea en forma perimetral, que sirve de retención y frontera a la azotea.

**Programadores:** Pequeños aparatos que inician o interrumpen automáticamente el funcionamiento de un sistema, de acuerdo con un programa de tiempos pre establecido.

**Punzonamiento:** Efecto indeseable de la aplicación de una carga puntual sobre un elemento estructural plano y delgado, que tiende a traspasarlo. Este efecto se presenta en lasos apoyadas sobre las columnas, cuando no tienen vigas de mayor grosor que la losa.

**Purgador:** En un sistema de calefacción por vapor; tipo de válvula que elimina el aire y la humedad condensada en las tuberías y radiadores.

**Putrefacción:** Descomposición de las sustancias de origen vegetal o animal.

## Q.

**Quemador:** Elemento donde se produce la combustión en aparatos de gas.

## R.

**Rampa:** Plano inclinado para entrada y salida de vehículos de un garaje, también para acceso de personas discapacitadas.

**Reconstruir:** Dar la forma inicial a un elemento construido anteriormente.

**Refuerzo longitudinal:** Acero colocado longitudinalmente en los elementos estructurales de hormigón, que permiten mejorar la resistencia a la flexión de vigas, losas, columnas, y, por tanto, capacidad de carga.

**Regata:** Canal que se abre en una pared para empotrar canalizaciones de diversas instalaciones.

**Regularizar:** Dar uniformidad a una superficie.

**Repelente:** Material que repele y rechaza la humedad y el agua.

**Restauración:** Como grado de intervención, está constituida por todos aquellos procedimientos técnicos que buscan restablecer la unidad formal y la lectura del bien cultural en su totalidad, respetando su historicidad, sin falsearlo.

**Revestimiento:** Capa de material aplicada sobre la superficie de paredes, suelos o techos que componen el edificio para protegerlas, decorarlas o utilizarlas mejor.

**Revestimiento continuo:** Revestimiento que se aplica en forma de pasta fluida directamente sobre la superficie que se reviste. Puede ser a base de morteros hidráulicos, plástico o pintura.

**Revestimiento discontinuo:** Revestimiento conformado a partir de piezas (baldosas, lamas, placas, etc.) de materiales naturales o artificiales que se fijan a las superficies mediante sistemas de agarre o anclaje. Según sea este sistema de fijación el revestimiento se considera pegado o fijado mecánicamente.

**Revestimiento exterior:** Revestimiento de la fachada dispuesto en la cara exterior de la misma.

**Riostras:** Estructura que permite el soporte de un elemento estructural (metálico, de madera, etc.).

**Rompechorros (perlizador):** Dispositivo que sustituye al filtro habitual del grifo. Mezcla el agua con aire y produce un chorro abundante y suave, ahorrando hasta un 50% de agua y energía.

**Roza:** Canal que se abre en una pared

para empotrar conducciones de agua y electricidad, principalmente.

## S.

**Salubridad:** Calidad de una cosa que se hace buena para la salud de los seres vivos.

**Sello:** Material de relleno elástico o plástico que se coloca entre dos elementos de junta para cerrar el espacio libre entre ellos y evitar el paso del agua, polvo o contaminantes.

**Sellado:** Operación de cerrar una junta con material que asegure la estanqueidad de la unión.

**Sellador de junta:** Cualquiera de las sustancias empleadas para inyectarlas en la junta de una edificación, que al secarse forman un material o una película flexible e impermeable que evita la penetración de aire o agua en el edificio. También llamado obturador.

**Sifón:** Tubo doblemente acodado que se inserta en otro de mayor longitud para que el agua detenida dentro de él impida la salida de gases (malos olores) al exterior. Tramo de tubería en un aparato sanitario que impide el paso de los gases y olores procedentes de la red de desagüe, siempre permanece lleno de líquido, actuando como obturador.

**Sombrerete:** Remate superior situado al exterior que cubre un bajante.

**Sumidero:** Receptáculo empotrado en el suelo, para recibir el agua superficial de los patios, generalmente equipados con rejillas para impedir la entrada de cuerpos extraños.

**Sistema adherido:** Sistema de fijación en el que la impermeabilización se adhiere al elemento que sirve de soporte en toda su superficie.

**Sistema fijado mecánicamente:** Sistema de fijación en el que la impermeabilización se sujetó al elemento que sirve de soporte mediante fijaciones mecánicas.

**Sistema de anclaje:** Elementos por los que el revestimiento final queda mecánicamente fijado a la estructura portante.

**Sistema no adherido:** Sistema de fijación en el que la impermeabilización se co-

loca sobre el soporte sin adherirse al mismo salvo en elementos singulares tales como juntas, desagües, petos, bordes, etc. y en el perímetro de elementos sobresalientes de la cubierta, tales como chimeneas, claraboyas, mástiles, etc.

**Sistema semiadherido:** Sistema de fijación en el que la impermeabilización se adhiere al elemento que sirve de soporte en una extensión comprendida entre el 15 y el 50%.

**Solera:** Capa gruesa de hormigón apoyada sobre el terreno, que se dispone como pavimento o como base para un solado.

**Solicitaciones:** Exigencia básica que debe cumplir un material o una solución constructiva para garantizar su función o la prestación del servicio. En el caso del sistema portante de la edificación, son los esfuerzos básicos que pueden resistir los materiales estructurales, según su forma, posición, vínculos y tipos de cargas. Consecuencia de un sistema de fuerzas, aplicado a un cuerpo, en relación con el cual éste reacciona con una deformación, elástica o plástica, más o menos sensible en función de las características del material y de la intensidad de las fuerzas aplicadas. Si la solicitud es de tracción o de compresión simple, la pieza se alarga o se comprime, según sea el caso; si es de flexión, sencillamente se dobla; si es de torsión simple, se tuerce; y si es de corte, se provocan corrimientos internos de material.

**Solución constructiva:** Elemento constructivo caracterizado por los componentes concretos que lo forman junto con otros elementos del contorno ajenos al elemento constructivo cuyas características influyen en el nivel de prestación proporcionado.

**Sub-base:** Capa de bentonita de sodio sobre hormigón de limpieza dispuesta debajo del suelo.

**Succión:** Capacidad de imbibición de agua por capilaridad de un producto mediante inmersión parcial en un período corto de tiempo.

**Suelo elevado:** Suelo situado en la base del edificio en el que la relación entre la suma de la superficie de contacto con el te-

rreno y la de apoyo, y la superficie del suelo es inferior a 1/7.

## T.

**Tabiques:** Elementos divisorios de espacio, constituidos de material liviano, fáciles de transportar.

**Topografía:** Ciencia que estudia los procedimientos para determinar la posición de un punto sobre la tierra.

**Traslapes:** Distancia o longitud de superposición de dos elementos, como planchas de fibrocemento de una cubierta, que requieren traslape longitudinal y traslape transversal.

**Tubería de PVC:** Tubería de material rígido, compuesto polivinilcloruro de alta resistencia, utilizada para sistemas de saneamiento y agua potable, entre sus aplicaciones.

**Tapajuntas:** Tira de madera (a veces de otro material) que se coloca para ocultar a la vista el encuentro de dos elementos constructivos; por ejemplo una pared y un precerco.

**Termita:** Insecto del orden de los isópteros que roen la madera pudiendo causar su destrucción.

**Termostato:** Mecanismo que permite el funcionamiento de un equipo de calefacción o aire acondicionado en función de la temperatura del local climatizado.

**Terrazo:** Producto prefabricado. Es un conglomerado endurecido con trozos de mármol machacado y coloreado con pigmentos de variada naturaleza, sometido a un proceso de vibrado y pretensado que le confiere gran compacidad y resistencia al desgaste.

**Tiro (formación de tiro):** Depresión que se genera entre los extremos de un conducto de evacuación y que hace que los productos de la combustión puedan circular a través suyo hacia el exterior.

**Transpiración:** Acumulación de humedad sobre una superficie por acción de la condensación.

**Trasdós:** Superficie exterior de un muro.

**Traslapo:** Área (largo y ancho) en que un elemento cubre al anterior en colocaciones consecutivas.

**Tubo drenante:** tubo enterrado cuyas paredes están perforadas para permitir la llegada del agua del terreno circundante a su interior.

## U.

**UPS:** Equipo de respaldo que ofrece energía auxiliar inmediata en caso de corte de luz. Impide que se apague el equipo conectado a él. Dura pocos minutos (15-30), suficientes para grabar la información de la computadora.

## V.

**Vado:** Parte en rampa de una acera, que forma la salida de un edificio, local o garaje, hasta la calzada.

**Valor básico de la velocidad del viento:** Corresponde al valor característico de la velocidad media del viento a lo largo de un periodo de 10 minutos, tomada en zona plana y desprotegida frente al viento a una altura de 10 m sobre el suelo. Dicho valor característico es el valor cuya probabilidad anual de ser sobrepasado es de 0,02 (periodo de retorno de 50 años).

**Valorar:** Determinar el valor o estado de alguna cosa. Evaluar.

**Válvula:** Dispositivo que regula la corriente de un líquido o gas en una tubería.

**Válvulas check:** Mecanismos que bloquean el regreso del flujo en un sistema de agua potable o saneamiento.

**Válvula de interceptación:** Dispositivo que interrumpe la circulación de un fluido a través de una tubería o canalización.

**Válvula de retención:** Válvula existente en una instalación que tiene la finalidad de evitar el retorno de agua a la red de distribución.

**Vatio:** Unidad utilizada para medir la potencia de la corriente eléctrica.

**Vía de agua:** Aparición de agua líquida en un punto localizado de un muro enterrado.

**Vidrio de antepecho:** Vidrio esmaltado, opaco, que oculta los elementos estructurales de un muro cortina. También llamado vidrio de revestimiento estructural

**Vierteaguas:** Pieza o conjunto de piezas que cubre la parte inferior del hueco de las ventanas para evitar la entrada de agua y evacuarla al exterior.

**Vigas:** Elementos resistentes de desarrollo horizontal, que forman la estructura de la edificación. Su dimensión predominante es la longitud, en cuyo sentido descansan sobre dos o más apoyos. Elemento que se utiliza para sostener techos, losas en las edificaciones.

**Vulnerabilidad:** Factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuestos a una amenaza, que corresponde al grado de predisposición o susceptibilidad de ser dañados por esa amenaza.

## Z.

**Zanja drenante:** Zanja que recoge el agua del terreno circundante y la conduce a la red de alcantarillado o de saneamiento.

**Zócalo:** Guardaescoba, friso o rodapié. Cuerpo, faja o tabique que se coloca o se pinta en la parte inferior de los muros o paredes para protegerlas, ya sea de la humedad, los golpes o bien para darle un sentido estético, y por otro lado, para designar al miembro inferior de un pedestal.

**Zumbador:** Mecanismo que produce un sonido al accionar un mando eléctrico utilizado como llamador o timbre.

## X.

**Xilófagos:** Insectos que roen la madera.

PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA

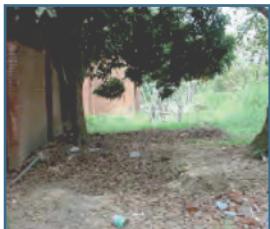
## Créditos de fotos



1. Fuente: imágenes  
[www.google.com](http://www.google.com)



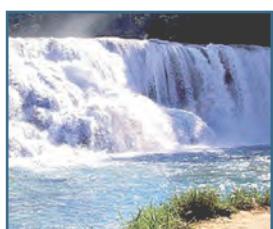
2. Fuente: imágenes  
[www.google.com](http://www.google.com)



3. Fuente: Curso  
patología de la  
construcción.



4. Fuente: Curso  
patología de la  
construcción



5. Fuente: imágenes  
[www.google.com](http://www.google.com)



6. Fuente: imágenes  
[www.google.com](http://www.google.com)



7. Fuente: imágenes  
[www.google.com](http://www.google.com)



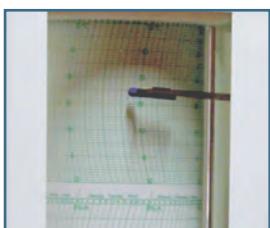
8. Fuente: imágenes  
[www.google.com](http://www.google.com)



9. Fuente: imágenes  
[www.google.com](http://www.google.com)



10. Fuente: imágenes  
[www.google.com](http://www.google.com)



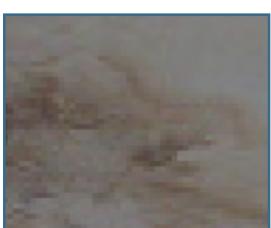
11. Fuente: imágenes  
[www.google.com](http://www.google.com)



12. Fuente: imágenes  
[www.google.com](http://www.google.com)



13. Fuente: imágenes  
[www.google.com](http://www.google.com)



14. Fuente:  
Curso patología de la  
construcción



15. Fuente:  
Curso patología de la  
construcción



16. Fuente:  
Curso patología de la  
construcción

## Créditos de fotos



**17.** Fuente: imágenes [www.google.com](http://www.google.com)



**18.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**19.** Fuente: Curso patología de la construcción



**20.** Fuente: Curso patología de la construcción



**21.** Fuente: imágenes [www.google.com](http://www.google.com)



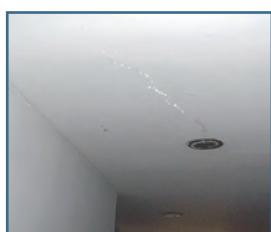
**22.** Fuente: imágenes [www.google.com](http://www.google.com)



**23.** Fuente: Isabella Casas L.



**24.** Fuente: imágenes [www.google.com](http://www.google.com)



**25.** Fuente: Isabella Casas L.



**26.** Fuente: imágenes [www.google.com](http://www.google.com)



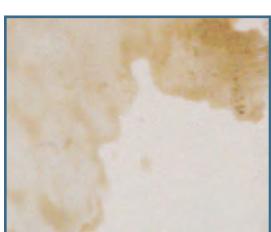
**27.** Fuente: imágenes [www.google.com](http://www.google.com)



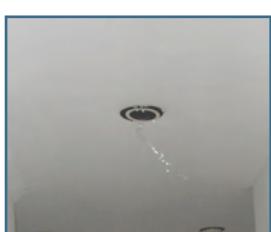
**28.** Fuente: imágenes [www.google.com](http://www.google.com)



**29.** Fuente: imágenes [www.google.com](http://www.google.com)



**30.** Fuente: Arq. Cecilia López



**31.** Fuente: Isabella Casas L.



**32.** Fuente: Arq. Mary Lucy Casas.

## Créditos de fotos



**33.** Fuente: imágenes www.google.com



**34.** Fuente: imágenes www.google.com



**35.** Fuente: imágenes www.google.com



**36.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**37.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**38.** Fuente: Curso patología de la construcción.



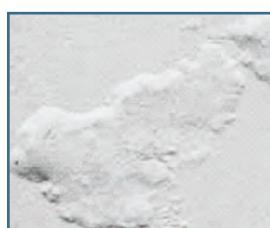
**39.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**40.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**41.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**42.** Fuente: Curso patología de la construcción.



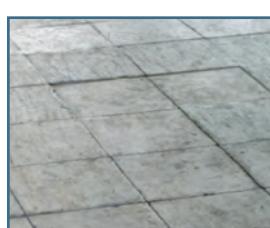
**43.** Fuente: Arq. Cecilia López.



**44.** Fuente: Arq. Cecilia López.



**45.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**46.** Fuente: Arq. Cecilia López.



**47.** Fuente: Curso patología de la construcción



**48.** Fuente: Curso patología de la construcción.

## Créditos de fotos



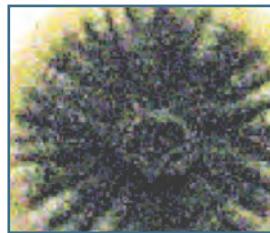
**49.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**50.** Fuente: imágenes www.google.com



**51.** Fuente: imágenes www.google.com



**52.** Fuente: imágenes www.google.com



**53.** Fuente: imágenes www.google.com



**54.** Fuente: imágenes www.google.com



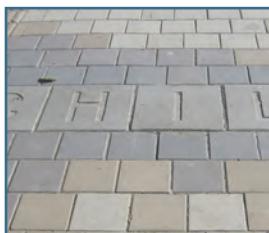
**55.** Fuente: Curso patología de la construcción



**56.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**57.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**58.** Fuente: imágenes www.google.com



**59.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**60.** Fuente: Curso patología de la construcción.



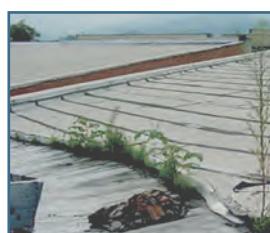
**61.** Fuente: imágenes www.google.com



**62.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**63.** Fuente: imágenes www.google.com

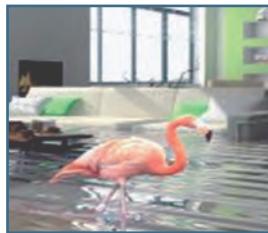


**64.** Fuente: Curso patología de la construcción.

## Créditos de fotos



**65.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**66.** Fuente: imágenes www.google.com



**67.** Fuente: imágenes www.google.com



**68.** Fuente: imágenes www.google.com



**69.** Fuente: Curso patología de la construcción



**70.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**71.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**72.** Fuente: Catálogo Sika.



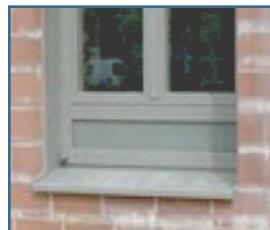
**73.** Fuente: Catálogo Sika.



**74.** Fuente: Curso patología de la construcción.



**75.** Fuente: Curso patología de la construcción



**76.** Fuente: imágenes www.google.com

## Créditos de fotos



**79.** Fuente: Arq.  
Jorge E. González



**80.** Fuente: Arq.  
Jorge E. González



**81.** Fuente: Diplo-  
mado Administración  
y mantenimiento de  
edificaciones



**82.** Fuente: Diplo-  
mado Administración  
y mantenimiento de  
edificaciones



**83.** Fuente: imáge-  
nes www.google.com



**84.** Fuente:  
Catálogo Sika.



**85.** Fuente: imáge-  
nes www.google.com



**86.** Fuente: imáge-  
nes www.google.com

## Origen de las imágenes

Nota importante: Se produce este libro con fines exclusivamente educativos y académicos, sin ánimo de lucro, de conformidad con lo dispuesto en los Artículos 31-34 del Capítulo III de la Ley 23 de 1982 sobre Derechos de Autor en Colombia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Publicaciones consultadas:

BAUD, U. G. (1998). Tecnología de la construcción. Editorial Blume, Barcelona, España.

BORRERO U., H. (1989). Arquitectura y clima. Referida a condiciones tropicales en Colombia. Facultad de Arquitectura, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.

BROTO, C. (2006). Tratado Broto de Construcción. Patología de los Materiales de Construcción. Barcelona, España.

CASAS F., L. H. (1998a). Módulo III, Acabados. Seminario Aprendamos de los Errores en Construcción. Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL, Seccional Cauca, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Seccional Popayán.

CASAS F., L. H. (1998b). Tendencias Modernas en Cerramientos y Acabados en Edificaciones. Seminario Controles en los Procesos Constructivos de las Obras Civiles. Gobernación del Valle del Cauca, Universidad del Cauca.

CASAS F., L. H. (2001). Suelos y Cimentaciones - Texto para Arquitectos y profesionales afines. Escuela de Arquitectura - Centro de investigaciones en Territorio Construcción y Espacio - CITCE. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.

CASAS F., L. H. (2004). Evaluación de Sistemas Constructivos - Metodología. Escuela de Arquitectura, Centro de Investigaciones en Territorio, Construcción y Espacio - CITCE, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.

CEMCO 92, Memorias XII Curso de Estudios Mayores de la Construcción. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid, España, 1992.

CTE - Código Técnico de la Edificación (2006). Documento básico HS Salubridad. HS1 Protección frente a la humedad. Ley 38/99, Ley de ordenación de la edificación. Madrid, España.

Curso Patología de la construcción (2007), material didáctico, Departamento de Tecnología de la Construcción, Escuela de Arquitectura, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Diplomado Administración y Mantenimiento de Edificaciones (2003), material didáctico, Departamento de Tecnología de la Construcción. Escuela de Arquitectura Universidad del Valle, Cali.

DRAE - Diccionario de la Real Academia Española (2008). Espasa Madrid, España.

HARPER, D. R. (1991). Construcción, diseño y uso. Editorial Gustavo Gili. Barcelona,

España.

HELENE, P. y PEREIRA, F. (2007). Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto. Sao Paulo, Brasil.

LOSADA LOZANO, A. (1989). Acabados Arquitectónicos. Facultad de Arquitectura, Universidad del Valle. Cali, Colombia.

LOZADA LOZANO, A. (2008). La Piel del Edificio. Acabados Arquitectónicos de superficie. Universidad del Valle Programa Editorial, Cali, Colombia.

MANDOLESI, E. (1981). Edificación. Biblioteca de Arquitectura y Construcción. Ediciones CEAC/Barcelona, España.

Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón. Subprograma XV, Corrosión/Impacto Ambiental sobre Materiales, CYTED, julio de 1998.

Mantenimiento de cubiertas e impermeabilización del establecimiento educacional. Guía No. 4 (2000). Proyecto conjunto Mineduc - Unesco. Reforma educativa chilena: Optimización de la inversión en planta física educativa. Santiago de Chile.

Manual de uso y mantenimiento para una vivienda sana. Desarrollo de una metodología para prevenir la ocurrencia de patologías en las viviendas sociales (2003). Santiago de Chile: Instituto de la Construcción/Innova.

MEXICHEM. HYDROS IV Cotidiano (2010). Editor Revista Aqua vitae, coeditor Grupo Empresarial Kaluz. Brasil

MONJO CARRIÓN, J. (1994). Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos. Editorial Munilla-Leria, Madrid, España.

NSR-98. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismoresistente. Ley 400 de 1997, Decretos Número 33 de 1998 y 34 de 1999. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS.

Bogotá, Colombia.

NSR-10. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismoresistente. Decreto 926 del 19 de marzo de 2010, Ley 400 de 1997. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS. Bogotá, Colombia.

OLGYAY, Víctor (1968). Clima y arquitectura en Colombia. Cali, Colombia: Universidad del Valle, Facultad de Arquitectura.

PUYANA, G. (1986). Control Integral de la Edificación. Tomo III, Administración y Mantenimiento. Santafé de Bogotá: Editorial Escala.

PÉREZ CALVO, C. (1979). Diccionario ilustrado de arquitectura. Plazas, S. J. (Ed.), Bogotá.

SIKA (1997). Informaciones Técnicas. Soluciones a la humedad en las construcciones habitacionales. Departamento Técnico SIKA ANDINA S. A.

SIKA (1999). Guía para el mantenimiento de la edificación y la vivienda. Departamento Técnico SIKA ANDINA S. A.

UPM. Universidad Politécnica de Madrid, Tratado de Rehabilitación. Tomo 4 Patología y técnicas de intervención. Fachadas y cubiertas. Madrid, España.

VILLAFAÑE, Germán y otros (1998). Comentaciones en Suelos Expansivos. Comentarios a la Norma NSR-98. I Seminario Controles en Procesos Constructivos de las Obras Civiles. Gobernación del Valle del Cauca, Universidad del Valle - Universidad del Cauca.

#### **Páginas consultadas en Internet:**

- <http://www.apuntes.rincondelvago.com/trabajos.global.html>
- <http://www.aquamat.com/deshumidificadores>
- <http://www.asefa.es/index.html>

- php?option=com\_content&task=view&id=176&Itemid=56
- <http://www.codigo-tecnico.org>
  - <http://www.construmatica.com/articulos/2002/04/01>
  - [http://www.co.kalipedia.com/diccionarios/sinonimos\\_antónimos](http://www.co.kalipedia.com/diccionarios/sinonimos_antónimos)
  - <http://www.enplenitud.com/decoracion/deshumidificadores.asp#ixzz0zdkmgcu7>
  - <http://www.es.wikipedia.org/wiki/aspergillos>
  - <http://www.es.wikipedia.org/wiki/arquitecto>
  - <http://www.es.wikipedia.org/wiki/clima>
  - <http://www.es.wikipedia.org/wiki/contrucción>
  - <http://www.es.wikipedia.org/wiki/corrosión>
  - [http://www.es.wikibooks.org/wiki/patología\\_de\\_la\\_edificación/fachadas/humedades/diagnosis](http://www.es.wikibooks.org/wiki/patología_de_la_edificación/fachadas/humedades/diagnosis)
  - [http://www.ideam.gov.co/documentos/Doc\\_Portal/Doc\\_suelo/cambio%29climatico/..](http://www.ideam.gov.co/documentos/Doc_Portal/Doc_suelo/cambio%29climatico/..)
  - <http://www.ga.water.usgs.gov/edu/waterc-clespanish.html>
  - <http://www.images.google.com.co/edificaciones/humedades.html>
  - <http://www.lokfordiagnosis.com/images.php?term=stachybotrys&lang>
  - <http://www.monografias.com/trabajos/lima/index.shtml>
  - [http://www.obraweb.com/media/company/sika/sika\\_guia\\_de\\_soluciones.pdf](http://www.obraweb.com/media/company/sika/sika_guia_de_soluciones.pdf)
  - <http://www.pce-iberica.es/catalogo/catologo-humedad.pdf>
  - <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/metros/psicrometro.htm>
  - <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/metros/termohigrografo.htm>
  - <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/metros/termohigrometro.htm>
  - <http://www.redced-co.relpe.org/node/138>
  - <http://www.technosec.es/humedades-delsuelo-sotano-plantabaja.html>
  - [http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/tema\\_07-monumentos\\_2htm](http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/tema_07-monumentos_2htm)
  - <http://www.voelkner.de/product/162761/> / termometer-higrometer-anlogo.html.
  - <http://www.watertec.com.ar/humedad-cimiento-faq.php>
  - <http://www.zonaseca.es/Archivos/Descarga/La%20humedad%20capilar%20y%20su%20control.pdf>

PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA

## APÉNDICE

En este apéndice se recogen, ordenados alfabéticamente, los símbolos que se utilizan en el libro junto con las correspondientes magnitudes y unidades.

Ah: superficie de la hoja interior de un muro parcialmente estanco, [m<sup>2</sup>].

As: superficie del suelo elevado, [m<sup>2</sup>].

Ac: superficie de la cubierta, [m<sup>2</sup>].

H: diferencia entre la profundidad de la cara superior de la capa impermeable y el nivel freático antes de la intervención, [m].

RH: humedad relativa, cantidad de vapor de agua por unidad de volumen [g/m<sup>3</sup>] x 100%.

ho: diferencia entre la profundidad de la cara superior de la capa impermeable y el nivel freático en el punto del terreno donde está situado el tubo drenante, [m].

MPa: Megapascal 1 MPa 1000 N/m<sup>2</sup>.

Ks: coeficiente de permeabilidad del terreno, [m/s ó cm/s].

NF: nivel freático, [m].

P: profundidad del arranque del muro con respecto a la superficie del terreno, [m];

p: índice pluviométrico anual, [mm].

Pa: N/m<sup>2</sup> presión Pascal.

q: caudal de drenaje por metro lineal de muro, [m<sup>3</sup>/(s.m)].

R: radio de acción del drenaje, equivalente a la distancia de la zona de recarga del acuífero, [m].

Ss: área efectiva total de las aberturas de ventilación de una cámara, [cm<sup>2</sup>].

V: valor básico de la velocidad del viento, [m/s].

PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	El ciclo del agua	27
Figura 1.2	Zonas climáticas	32
Figura 1.3	Climas terrestres	35
Figura 2.1	Fuentes de humedad	43
Figura 2.2	Procesos de humedad en fachada	44
Figura 2.3	Aqua subiendo por las juntas de mortero	47
Figura 2.4	Esquema de humedad capilar	47
Figura 2.5	Actividades en la vivienda que producen humedad por condensación	49
Figura 2.6	Humedades y sus efectos en el dormitorio	51
Figura 2.7	Humedades y sus efectos en espacios cerrados	51
Figura 2.8	Generación de humedad dentro de la casa	51
Figura 2.9	Humedades accidentales	54
Figura 2.10	Procesos de corrosión-erosión	55
Figura 2.11	Eflorescencias	63
Figura 2.12	Sección de agua y cuerpo poroso	70
Figura 2.13	Ciclo del agua	73
Figura 3.1	Factores y causas de deterioro en las edificaciones	81
Figura 3.2	Inspección externa de una edificación	83
Figura 3.3	Puntos conflictivos en fachada	90
Figura 4.1	Fuentes y factores de humedad	96
Figura 4.2	Filtración lateral	99
Figura 4.3	Remate o albardilla	102
Figura 4.4	Protección del encuentro con el peto	103
Figura 4.5	Protección de atascos	103
Figura 4.6	Sellado del perímetro de las ventanas	103

Figura 4.7	Sellado del perímetro de las ventanas	103
Figura 4.8	Construir voladizos y vierteaguas	104
Figura 4.9	Diseño de cornisas, aleros y voladizos	104
Figura 4.10	Manchas por humedad	106
Figura 4.11	Junta de dilatación	108
Figura 4.12	Elemento de protección	108
Figura 4.13	Filtraciones	110
Figura 4.14	Sistemas de protección y evacuación	111
Figura 4.15	Nivel freático	114
Figura 4.16	Ascensión capilar	114
Figura 4.17	Filtración en sótano	116
Figura 4.18	Fuentes de humedad capilar	117
Figura 4.19	Humedad por filtración	119
Figura 4.20	Despegue de revestimientos	119
Figura 4.21	Barreras para evitar humedades ascendentes del terreno	122
Figura 4.22	Materiales y elementos de protección y evacuación	123
Figura 4.23	Red de drenaje	124
Figura 4.24	Tratamiento de la humedad ascendente por capilaridad en edificios antiguos	125
Figura 4.25	Barreras físicas	126
Figura 4.26	Barreras físicas	126
Figura 4.27	Edificación sobre losa elevada del terreno	127
Figura 4.28	Aplicación de barreras químicas	128
Figura 4.29	Soluciones contra la humedad	129
Figura 4.30	Muro deteriorado	130
Figura 4.31	Muro reparado	130
Figura 4.32	Diferentes fuentes de humedad	130
Figura 4.33	Elementos de protección, encuentro entre muro y losa	131
Figura 4.34	Elementos de protección, encuentro entre losa y tubería	131
Figura 4.35	Sistemas de protección y evacuación	132
Figura 4.36	Condensación superficial e intersticial	135
Figura 4.37	Condensación superficial e intersticial en cubierta	135
Figura 4.38	Condensación superficial e intersticial en clóset	135
Figura 4.39	Puente térmico	135
Figura 4.40	Ventilación cruzada	137
Figura 4.41	Incidencia del viento en la edificación	137
Figura 4.42	Extracción superior	137

Figura 4.43	Patios interiores	137
Figura 4.44	Protección frente a la humedad - Modos de eliminarla	139
Figura 4.45	Unión rígida	142
Figura 4.46	Holgura en todos los sentidos	142
Figura 4.47	Reparación del efecto	142
Figura 4.48	Deshumidificador de muros y sótanos	146
Figura 5.1	Sistema de drenaje y evacuación	149
Figura 5.2	Sistema de protección y evacuación en sótanos	150
Figura 5.3	Planta y sección de geotextil	150
Figura 5.4	Detalle de encuentro entre suelo y muro	151
Figura 5.5	Detalle de encuentro entre suelo y muro	151
Figura 5.6	Detalle de encuentro entre fachada y suelo	152
Figura 5.7	Detalle de encuentro entre fachada y losa	153
Figura 5.8	Detalle de encuentro entre fachada y columnas	153
Figura 5.9	Detalle de vierteaguas	154
Figura 5.10	Remate de fachada	154
Figura 5.11	Detalle de remate de fachada	154
Figura 5.12	Antepecho	155
Figura 5.13	Detalle de antepecho - ventana	155
Figura 5.14	Detalle de fachada y ventana	156
Figura 5.15	Detalle de ventana	156
Figura 5.16	Juntas de dilatación	161
Figura 5.17	Juntas de dilatación	161
Figura 5.18	Detalle de encuentro de la cubierta con el muro	162
Figura 5.19	Encuentro de la cubierta con el borde lateral	162
Figura 5.20	Remate perimetral	162
Figura 5.21	Colocación de la tela asfáltica	163
Figura 5.22	Detalle del sumidero	164
Figura 5.23	Detalle del rebosadero	164
Figura 5.24	Encuentro entre muro y cubierta	166
Figura 5.25	Perfil metálico sobre el alero	167
Figura 5.26	Encuentro losa-desagüe	167
Figura 5.27	Encuentro muro, canal y cubierta	169
Figura 5.28	Encuentro muro, canal y cubierta	169
Figura 5.29	Junta de dilatación en cubierta	169
Figura 5.30	Junta auxiliar de cubierta	169

PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1.1	Clima, elementos, zonas climáticas	26
Diagrama 2.1	Factores de humedad de condensación	48
Diagrama 4.1	Inspección, reconocimiento y diagnóstico	97
Diagrama 4.2	Modelo para el análisis de humedad capilar	115

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1	Clima, región y ubicación	37
Cuadro 2.1	Comparación de humedades	58
Cuadro 3.1	Localización de humedades	84
Cuadro 3.2	Identificación de humedades	85
Cuadro 3.3	Correlación entre variables y elementos	87
Cuadro 4.1	Diámetro del capilar - Proceso de aparición de la humedad	114
Cuadro 5.1	Elementos para el diagnóstico e intervención en edificaciones con presencia de humedades	170

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 5.1	Pendientes de cubiertas planas	158
Tabla No. 5.2	Pendientes de cubiertas inclinadas	158



Universidad  
del Valle

## ProgramaEditorial

Ciudad Universitaria, Meléndez  
Cali, Colombia

Teléfonos: 57(2) 321 2227 - 57(2) 339 2470  
<http://programaeditorial.univalle.edu.co>  
[programa.editorial@correounivalle.edu.co](mailto:programa.editorial@correounivalle.edu.co)