

## DEFINICIÓN, FUENTES, FORMAS, MECANISMOS Y EFECTOS

El agua es uno de los recursos más preciados 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 tremendamente 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 periodos 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 pendiente, 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 filtra 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).

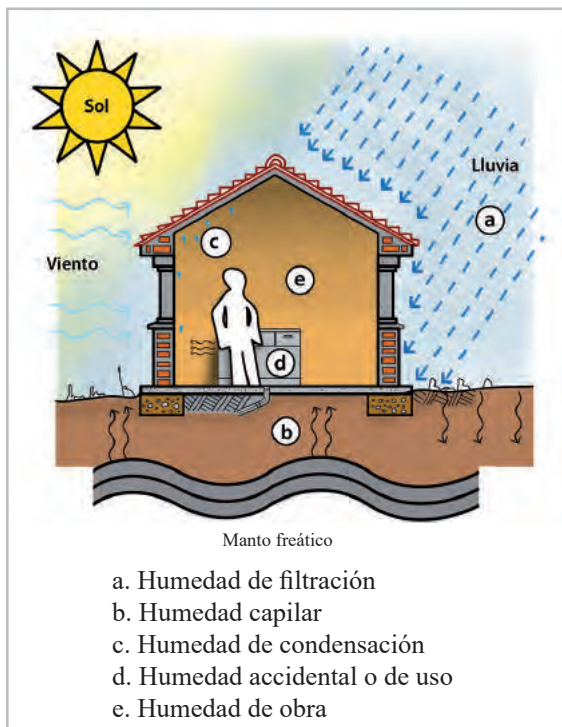
#### Humedad de filtración

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 exceda 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.

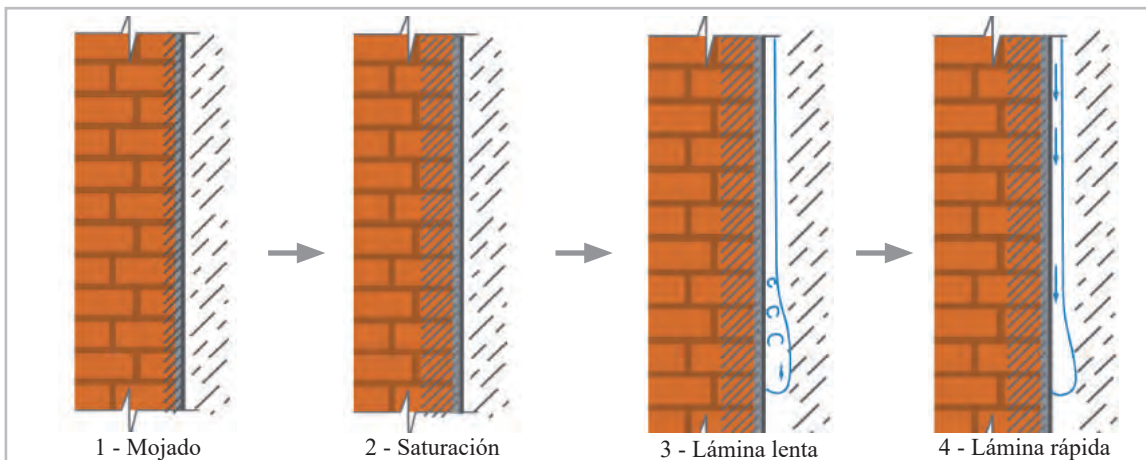
Ocasionalmente, el agua lluvia al dar contra el pavimento salpica la fachada en su

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 estanque 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 desagüe (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 higroscopicidad; 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-

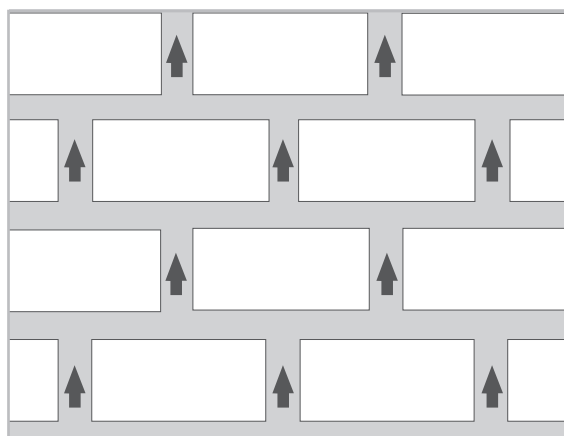
cida debido a que las sales al cristalizar aumentan de volumen, quebrando la cavidad donde se encuentran confinadas.

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.

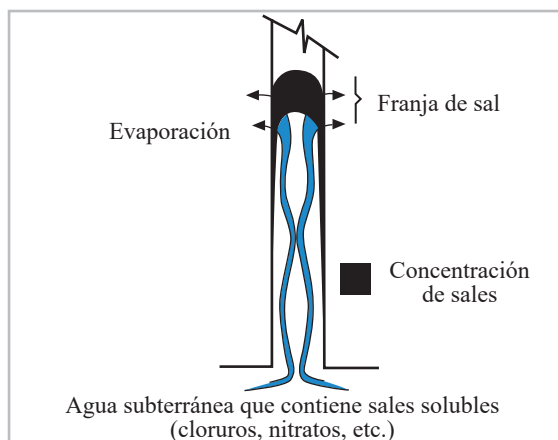
Si hay más de un foco de penetración del agua, puede resultar difícil distinguir sus distintos orígenes. En general, la presencia de humedad capilar activa viene indicada por un exceso de humedad en la base del muro, que va disminuyendo conforme se sube por él. El gradiente de humedad puede observarse 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 eléctrico



**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 aisla-

miento 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.

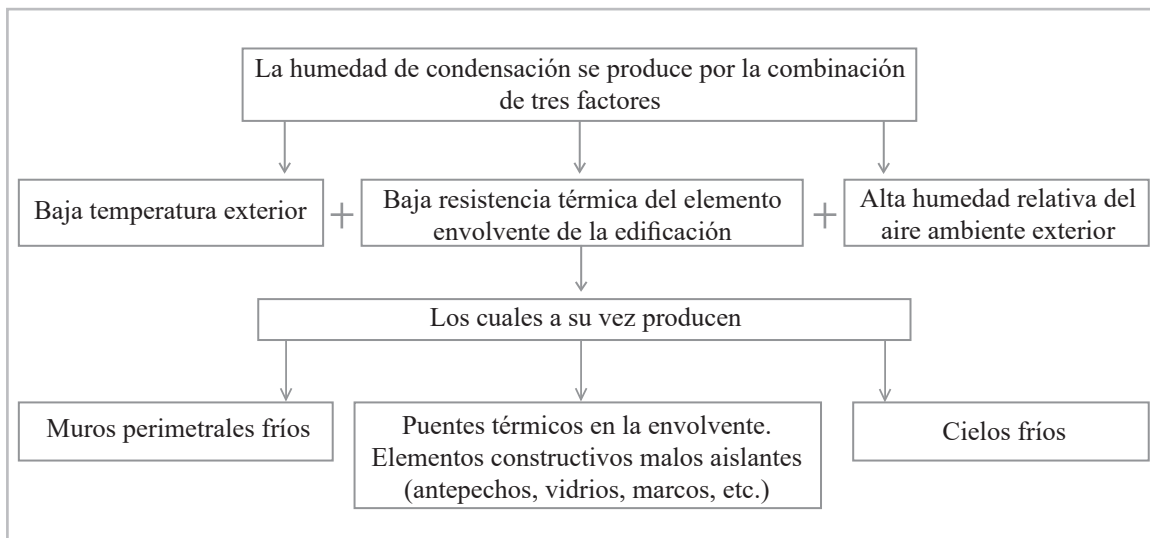
Las características principales de la humedad producida por condensación son:

- 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 contruidos 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*



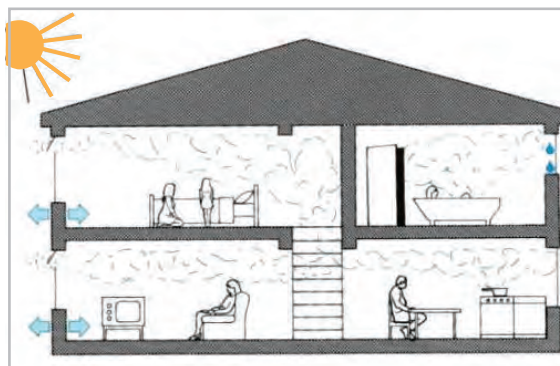
está en el interior de los mismos, en su recorrido de ambientes con mayor presión de vapor (normalmente los interiores) hacia los de presión de vapor más baja (los exteriores), el agua pasa de estado gaseoso a líquido, estableciéndose de esta manera una corriente de dicho vapor de agua que depende de 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 enfrían 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

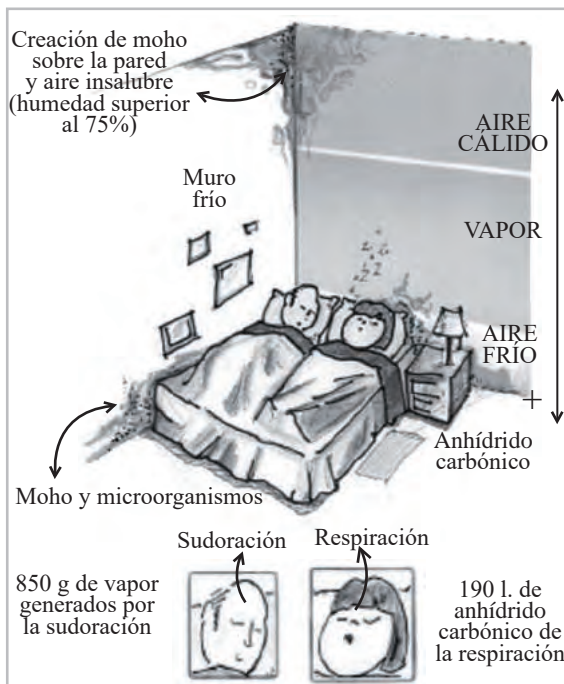
La humedad en el dormitorio, la respiración diurna y nocturna, así como la sudoración natural o el incremento de la temperatura, pueden provocar situaciones de aire insalubre dentro de la habitación. Estos fac-

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).

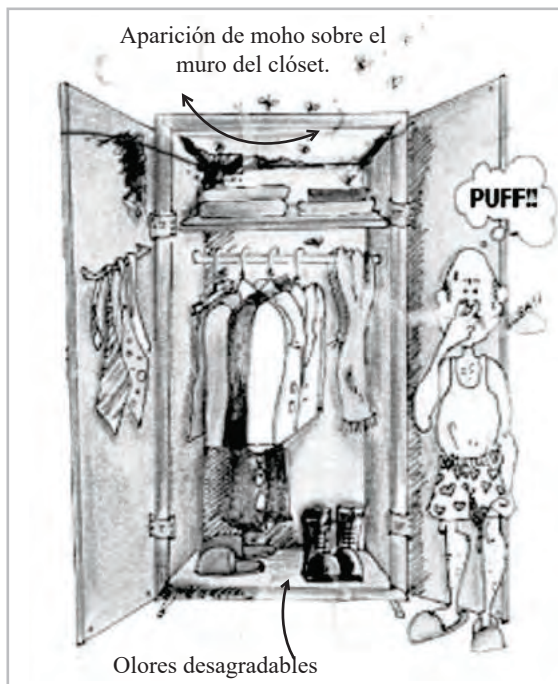
Otra fuente de vapor acuoso es la humedad externa, que puede penetrar por la cubierta, un muro que da al exterior o por un suelo que descansa directamente sobre el terreno en una planta baja o en un sótano y que carece de aislamiento o que no ha sido convenientemente tratado con un producto antihumedad. 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 ( $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), 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**

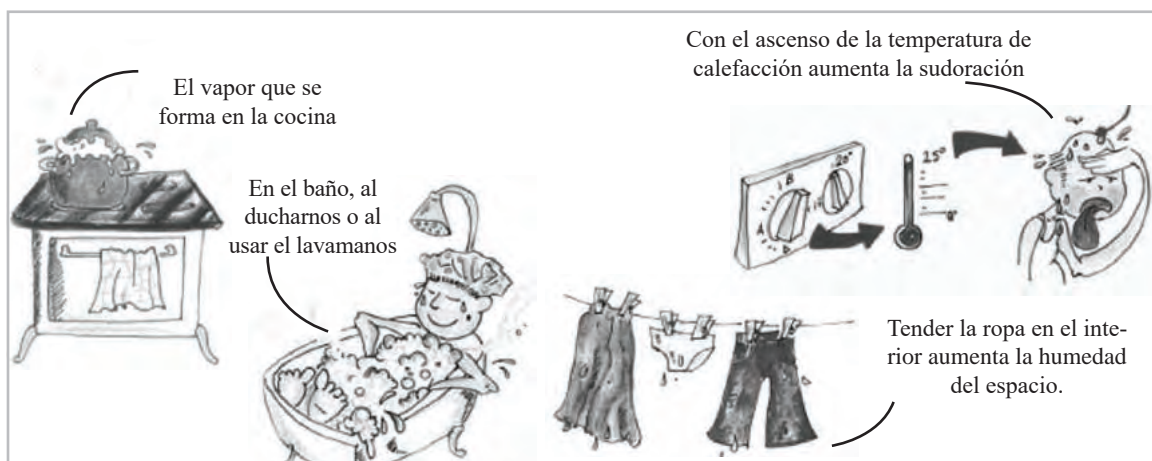


**Figura 2.7 Humedad en espacios cerrados y sus efectos**

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 higroscopicidad 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 revoque 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 raso 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

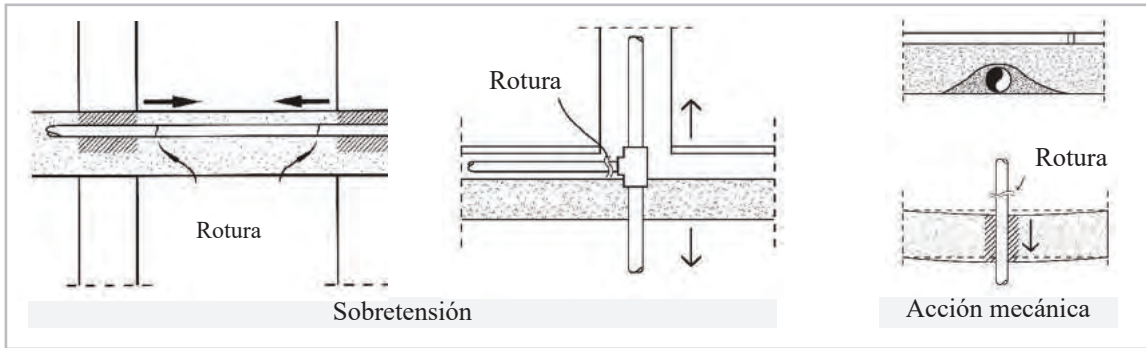
en tuberías de conducción o de evacuación), que provocan focos puntuales de humedad que aparece más o menos cerca de su origen. El efecto suele ser una mancha de humedad en forma de nube circular alrededor del punto de rotura, o de nube alargada que sigue el recorrido del conducto afectado.

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 sobretensión.**

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 sujeciones 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 sujeta.

- Punzonamiento, cuando los tubos sufran 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 sujeciones; 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.



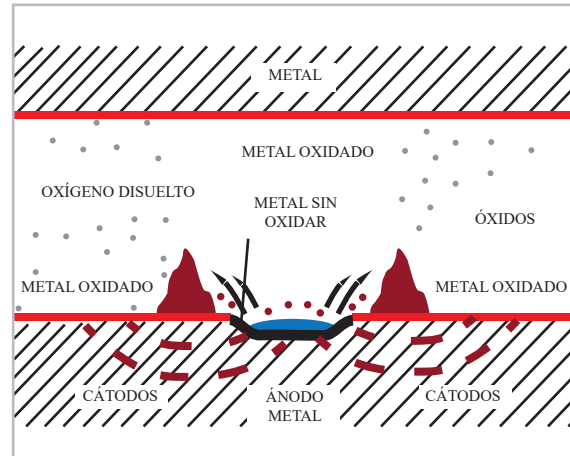


Estas erosiones son debidas a los arrastres de material por las altas velocidades y turbulencias del líquido en el interior de las tuberías. Las lesiones se manifiestan después de la curvatura y estrechamiento o ensanchamiento de los tubos donde suelen producirse adelgazamientos del material, que pueden 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.

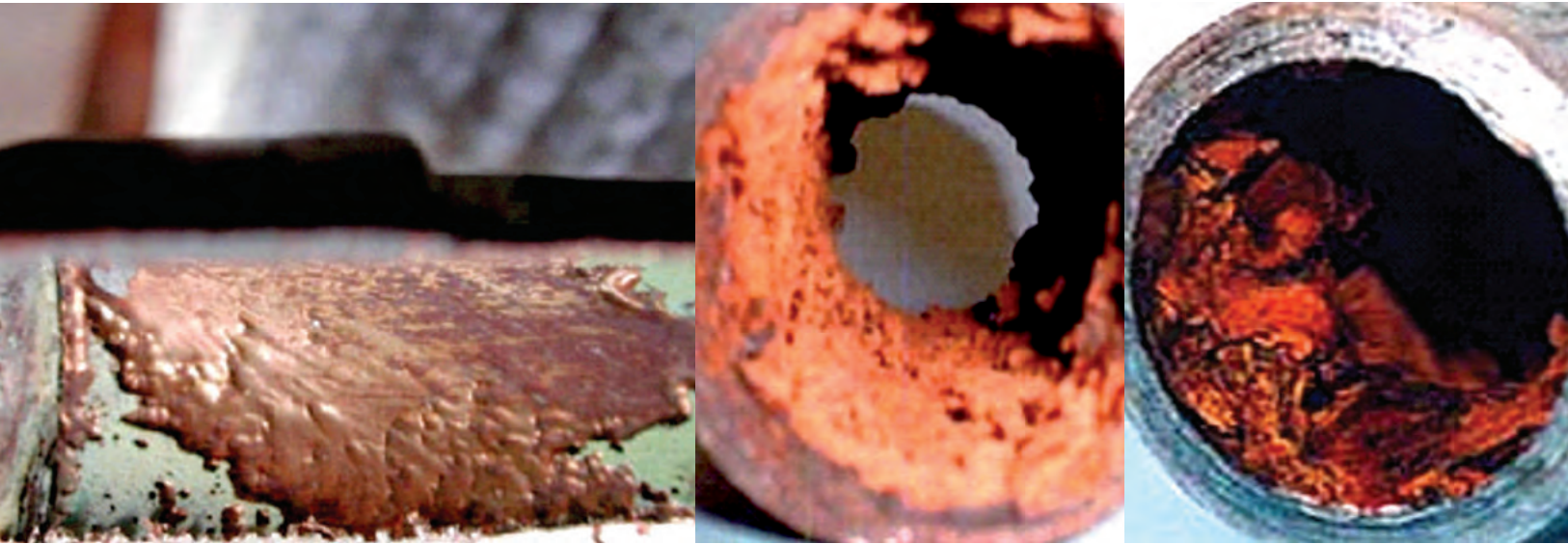


**Figura 2.10** Proceso de corrosión - erosión

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 disuelto 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 corroe 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 cielo rasos con humedades.
- Síntomas de disgregación 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 pendiente, 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; pátinas; 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**

Indicador	Humedad de filtración	Humedad capilar	Humedad de condensación de superficie	Humedad accidental o de uso	Humedad de obra
Higrómetro eléctrico o sicrómetro	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 despren-

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 cuarteado. A partir de ese momento el revoque 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 suciedades 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 las canales y bajantes para contener la masa de agua que en ellas se reúne en los periodos 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 cubriéndolas 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 escorrentía 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. Dondequiera 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, criptoflorescencias. 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

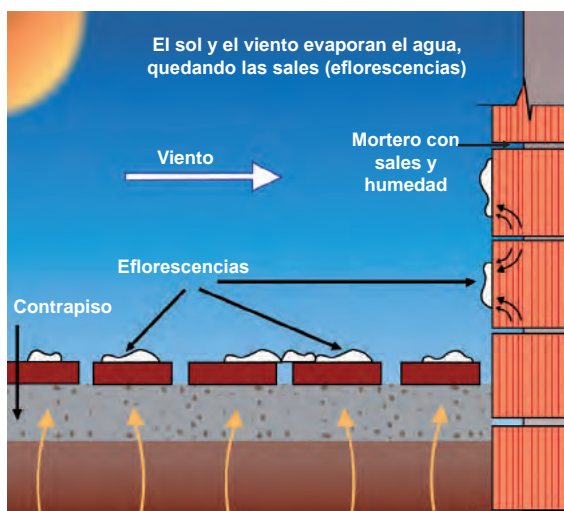


Figura 2.11 Eflorescencias



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.

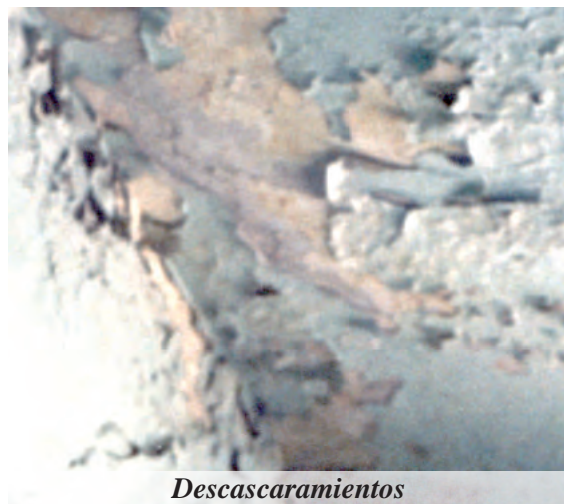
**h. Descascaramientos:** Defecto o daño que se presenta en un recubrimiento por pérdida de adherencia, desprendiéndose en lascas o escamas producto de la humedad contenida en el interior del material o elemento constructivo que ejerce presión para emerger a la superficie. Esta lesión es producto de 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 descascamientos, 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



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.

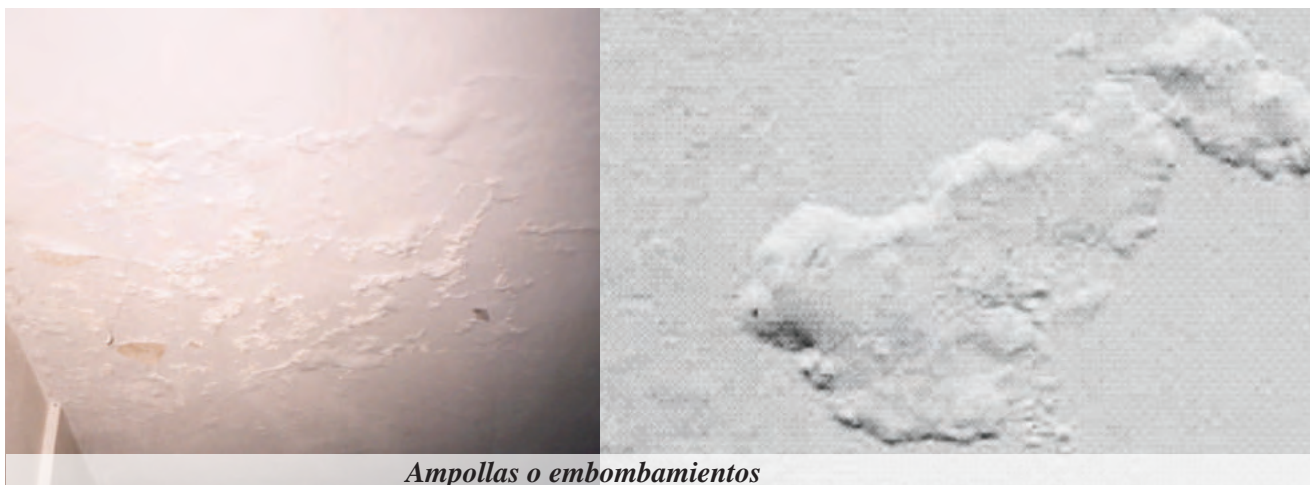
Los cambios de temperatura desencadenan en el material seco unos cambios dimensionales alternativos que, al igual que en el caso del agua, pueden ocasionar microfisuración. La disminución de la temperatura combinada con la presencia de agua infiltrada, puede generar la helada de la misma con su consiguiente 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, despellejaduras, 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 rasquetear 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 lijar 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 (rasquetead) 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



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, lijar o cepillar la superficie, eliminando las partes sueltas o mal adheridas y aplicar una a dos manos de sellador anti-alcalino.

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, raspando 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



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

**1. 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

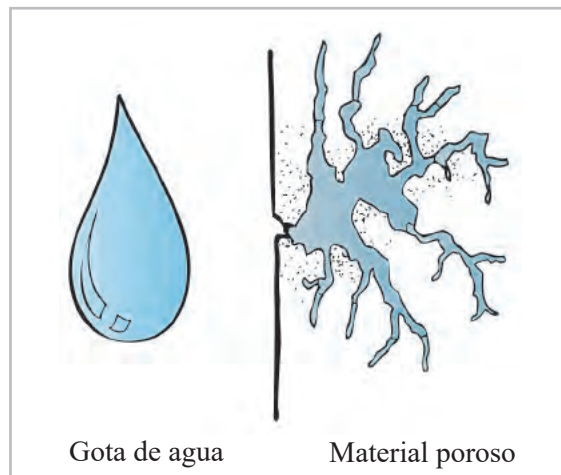
porosa del cuerpo de éste.

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, disgregación, 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 heladicidad:** 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°) y el acero (A°) 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

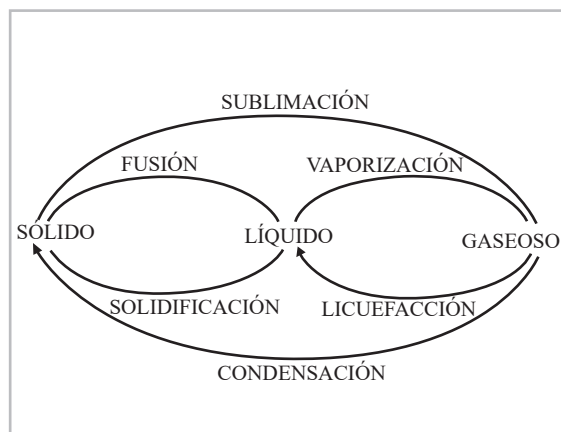


Figura 2.13 Ciclo del agua

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.

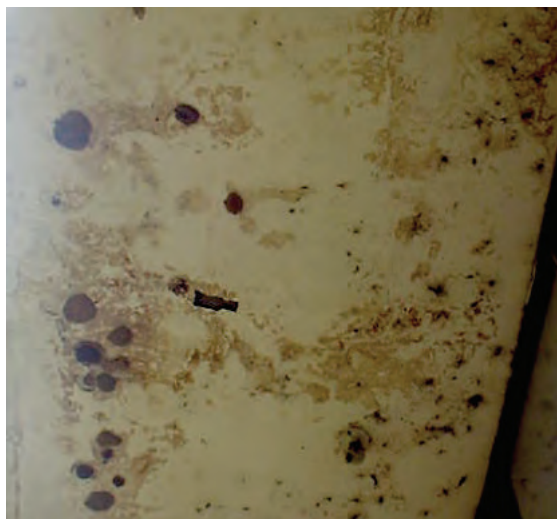
Además, algunos óxidos presentes en la atmósfera pueden combinarse con el agua y producir ácidos que actúan en la degradación de ciertos materiales. Como consecuencia de esta inestabilidad física y química, el agua posee un gran poder de penetración.

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.

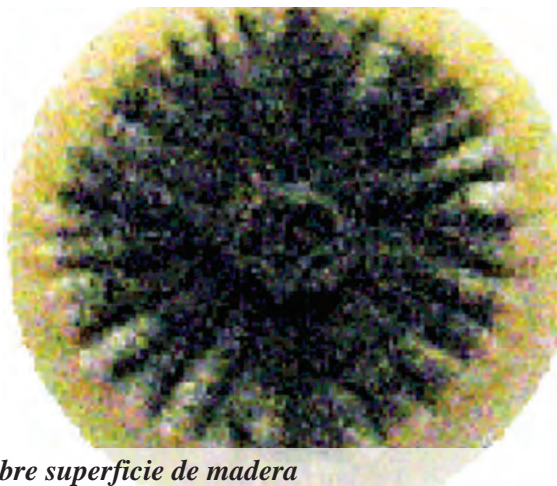
Los hongos también son propios de la ropa, los zapatos y otros objetos de piel guardados en clósets y armarios. Cuando la concentración es grande, se crean las típicas manchas de humedad.

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.

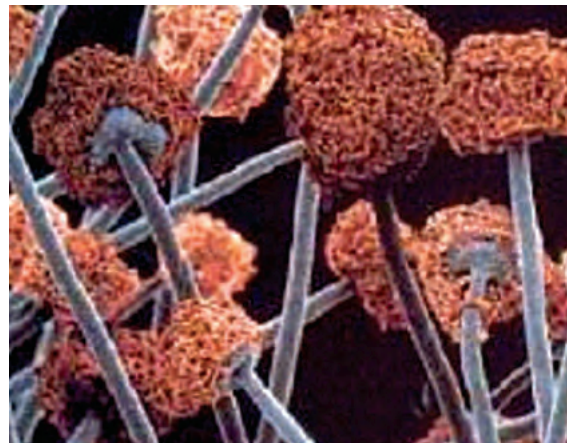
Para evitar deterioros en la edificación por mohos, la humedad relativa del aire interior (referida a la temperatura interior de la pared), debe mantenerse, como media temporal, por debajo del 85%.

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 niger*



minantes despididos 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:

- Airear 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.