

CONDICIONANTES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE LA BARRERA DE VAPOR EN EL NEA

Arq. PILAR, Claudia Alejandra - Arq. JACOBO, Arq. Ms. Guillermo José (Ms.)
Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño del Hábitat Humano (ITDAHu - FAU - UNNE.)
Avenida Las Heras N° 727 - (3500) Resistencia - Provincia del. Chaco - Argentina
TE/FAX: + 54 (03722) 420088 - E-Mail: itdahu@arq.unne.edu.ar

ANTECEDENTES

La arquitectura por medio de la construcción del hábitat, tiene una función modificadora del clima llevando la situación exterior, real y adversa, a otra interior, ideal y acorde a las aspiraciones del usuario. *“Toda obra construida está atacada por agentes externos, naturales y artificiales, que ponen al edificio constantemente a prueba, lo que se agrava, cuando además la propia actividad del usuario, modifica las condiciones higrométricas internas de los espacios interiores, tal como sucede con la abundante producción de vapor”*⁽¹⁾. Este hábitat humano es agredido continuamente por los agentes exteriores, pero el hombre con su propia actividad produce también modificaciones que interactúan sobre los edificios. El hombre, con sus actividades cotidianas (cocinar, aseo, transpiración, etc.), evapora agua con su calor y devuelve al ambiente en la espiración, un aire más húmedo del que inspiró. La mayoría de las actividades que realiza, se encuentran acompañadas de un lento pero incesante desprendimiento de vapor. El agua en estado vaporoso, *la humedad*, es el problema más común y más grave que agrede continuamente y en forma indiscriminada a cualquier tipo de construcción, siendo en nuestra zona la causa principal de las patologías constructivas más comunes. La humedad reconoce distintos orígenes: *agua de aporte exterior* (lluvia, granizo, agua ascendente del terreno) y *agua de aporte interior* (condensaciones). Para el primer tipo, existe una gama más o menos efectiva de materiales y/o técnicas constructivas aplicados en nuestra región, que podrían resumirse, conceptualmente, en la idea de dar al elemento constructivo de envolvente de los espacios interiores, una barrera la más impermeable posible, que no deje pasar esa humedad exterior, al ambiente interior, con sus consecuencias de eflorescencias, manchas, moho, pérdida del poder aislante de los materiales, putrefacción de los mismos, etc. Sin embargo con respecto al problema del *agua de aporte interior*, no se verifica en nuestra zona, una conciencia de sus principios de producción, ni de sus posibles consecuencias en la sensación de confort humano, ni las patologías que pueden producir en los elementos constructivos.

- **EL FENÓMENO DE LA CONDENSACIÓN:** El aire posee siempre una cantidad variable de vapor de agua. Pero, para cada temperatura dada, existe un límite en el contenido de humedad absoluta. Superado el mismo, el vapor de agua se condensa manifestándose en forma líquida, esto sucede porque el contenido de humedad llega a un 100%, es decir, a la saturación, y por lo tanto, el excedente de vapor contenido en el aire se desprende en forma líquida. La relación entre la humedad y la temperatura, está expresada gráficamente a través de un diagrama llamado *psicrométrico*, en el cual las ordenadas poseen los valores de *humedad absoluta* y *presión de vapor de agua*, y la absisa la *temperatura de bulbo seco*. Existen una serie de curvas que representan puntos de igual humedad relativa, y la última curva es la de 100% de humedad o conocido como *punto de saturación o de rocío*. El diagrama enseña como el aire caliente es capaz de contener mayor cantidad de humedad absoluta sin llegar a la saturación, que el aire frío.

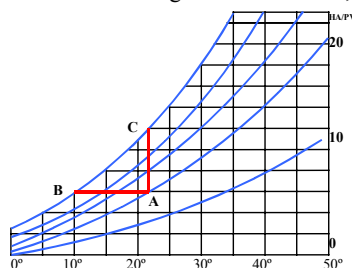


Diagrama Psicrométrico

Por lo tanto, existen dos medios por los cuales se puede llegar a la condensación:

- *a humedad absoluta constante*, por disminución de la temperatura (el caso típico es cuando en invierno se condensa agua en los paramentos fríos de la vivienda), y en el diagrama psicrométrico está representado por el vector **A-B**.
- *a temperatura constante*, por aumento de la humedad absoluta (que sucede sobre todo en los locales húmedos de la vivienda como cocinas, baños, etc., donde se produce en poco tiempo un aumento muy grande del contenido de humedad del aire), en el diagrama se representa con el vector **A-C**.
- De hecho, *el fenómeno puede presentarse de manera combinada*, por una disminución de la temperatura y un aumento de la humedad absoluta. En el diagrama se representa con el vector **A-D**.

En todos los casos, *el vapor de agua siempre tiende a pasar del ambiente de mayor al de menor presión, de modo de equilibrar ambas presiones*. En su camino *“atraviesa prácticamente a todos los materiales de construcción debido a su bajo poder adherente”*⁽²⁾ y si encuentra una temperatura inferior a la de rocío, el contenido de humedad que sobrepase la admisible se desprenderá en forma líquida.

- **TIPOS DE CONDENSACIONES:** Existen dos tipos fundamentales en la construcción:

1. **La condensación superficial**, son la “condensación del vapor de agua sobre la superficie interna de los cerramientos exteriores, que se producen cuando la temperatura de dichas superficies sea menor que la temperatura de rocío del aire del recinto que limita”⁽³⁾. Se puede distinguir dos subtipos:

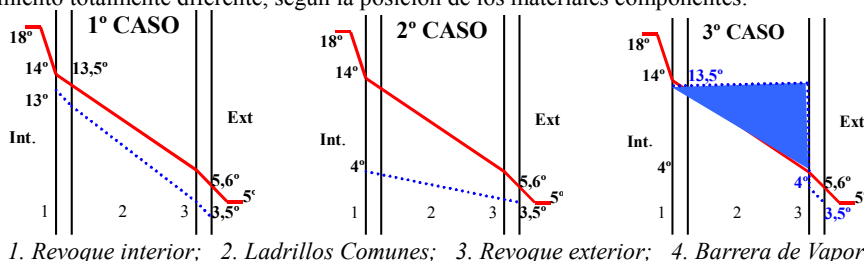
1.1. **Transitorias**: por un aumento muy rápido del contenido de humedad absoluta, fenómeno que sucede en baños y cocinas mal ventilados.

1.2. **Permanentes**: que se producen por un aislamiento térmico insuficiente. Durante el período invernal, el paramento poseerá de forma más o menos permanente una temperatura inferior a la de rocío. Existen puntos en los cerramientos que poseen una resistencia térmica inferior a la del resto del cerramiento y son conocidos como “puentes térmicos”, y que poseen una doble implicancia negativa: serán los puntos por donde se producirá la mayor pérdida calórica en invierno y la mayor ganancia calórica en verano, y donde habrá más riesgo de condensaciones en el período invernal. De forma general, se recomienda evitar los puentes térmicos en la construcción, ya sea recubriéndolos con materiales aislantes térmicos, o haciendo parciales los puentes térmicos.

2. **Las condensaciones intersticiales** “se produce en la masa interior de un cerramiento exterior, como consecuencia de que el vapor de agua que lo atraviesa alcanza la presión de saturación en algún punto interior de dicha masa”⁽³⁾. El problema se da cuando este plano de condensación coincide con algún material aislante térmico, que se pueda ver atacado por la humedad, entrando en estado de putrefacción, y perdiendo su capacidad aislante maximizando de esta manera el riesgo de condensaciones, debido a la disminución de la capacidad aislante.

□ **SOLUCIONES**: a estos problemas de las condensaciones en los elementos constructivos son:

- **Aumentar la resistencia térmica de los cerramientos** (recomendable no sólo desde el punto de vista de las condensaciones, debido a que un aumento en la aislación térmica mejora el nivel interior de confort térmico y produce una economía en el gasto energético de los equipos de aclimatación artificial)
- **Aumentar la ventilación de los locales**, muy necesaria en los locales húmedos, y las normas IRAM recomiendan “favorecer la extracción de aire en baños y cocinas por medios naturales o mecánicos”⁽³⁾.
- **Disponer una calefacción adecuada**, evitando instalaciones sin un buen tiraje exterior.
- **Disponer los materiales de construcción de manera de distribuir la presión de vapor de forma armónica**, para que no se produzca puntos interiores o superficiales de conflicto.
- **Disponer revestimientos interiores absorbentes**, que no degraden con la humedad, además, que sean capaces de absorber “el agua de condensación que eventualmente se puede tolerar, evaporándolas al ambiente en épocas de sequedad”⁽⁴⁾
- **Disponer de una barrera o un freno de vapor que regule o evite el riesgo de condensaciones**. La barrera de vapor es una “capa de material, generalmente con espesor pequeño, que ofrece una alta resistencia al pasaje del vapor. Para que un material sea considerado barrera de vapor, su permeancia debe ser inferior a $0,75 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h.kPa}$ ”⁽³⁾. Su uso es necesario en los casos en que es posible que se produzcan condensaciones intersticiales y su función es “reducir la presión de vapor dentro de la pared o techo, en las partes donde comienza a disminuir la temperatura”⁽³⁾. Lo más importante, en el diseño de la barrera de vapor, es su **ubicación y su situación relativa con respecto a los demás materiales que componen el cerramiento**. “Las barreras de vapor son eficaces en la cara caliente de la pared, o del lado caliente del aislante. En este lugar frenan el vapor en el lugar más adecuado e impiden que entre en capas frías. Así las mismas barreras están calientes y por lo tanto, el vapor de agua no puede condensarse en ellas”⁽²⁾. Un mismo muro de cerramiento de ladrillos comunes revocados en ambas caras, muestra un comportamiento totalmente diferente, según la posición de los materiales componentes:



1. **Caso**: el muro SIN Barrera de Vapor, NO verifica puntos de conflictos.

2. **Caso**: implementada una Barrera de Vapor sobre la cara caliente (mayor presión de vapor), correcto funcionamiento.

3. **Caso**: Barrera de Vapor sobre la cara fría (posición inadecuada), sector de posibles condensaciones. Como se ve en el ejemplo gráfico “la barrera de vapor en la cara fría del aislante no tiene sentido. Impiden la evaporación de humedad del elemento constructivo o aislante y ellas mismas están frías y facilitan la condensación de vapor de agua”⁽²⁾. Sin embargo, muchas veces no es necesario aplicar en condiciones no muy rigurosas, una barrera totalmente impermeable, y de hecho, sabemos, que una mala ubicación de la misma puede acarrear más problemas que su omisión. En la mayoría de los casos es suficiente emplear un freno de vapor, que es una “capa cuyo valor de permeancia al vapor de agua es superior a $0,75 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h.kPa}$ y que tiene por función reducir el pasaje de vapor de agua a un valor compatible con la verificación del riesgo de condensación intersticial”⁽³⁾.

- **MODO DE CÁLCULO**: Las Normas IRAM⁽³⁾, proponen un método de cálculo de riesgo de condensación en los cerramientos exteriores de los edificios, tanto superficial como intersticial, según el concepto de que *mientras el vapor no alcance la temperatura de rocío no se condensará en el elemento constructivo*. Los datos necesarios para el cálculo:

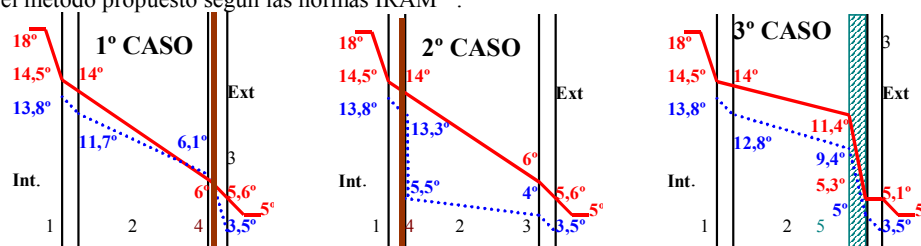
_ La temperatura exterior, es para la región NEA un valor promedio de 5°C ⁽⁵⁾

_ La temperatura interior, que en todos los casos se considera de 18°C ;

La humedad exterior, en todos los casos 90%; la humedad interior, dependiendo de la temperatura exterior de diseño, siendo el valor máximo de 75%; además es necesario conocer la conductividad térmica y la permeancia al vapor de agua de los distintos materiales que componen el cerramientos⁽³⁾.

Pero es sabido, el método de cálculo de el riesgo de condensación, simplifica muchos aspectos del complejo fenómeno de las condensaciones, despreciando el calor latente, que se desprende por el cambio de estado ⁽⁴⁾, reduce sensiblemente el comportamiento real del cerramiento, con respecto a los valores de cálculo.

- **REALIDAD del NEA:** La condensación en los elementos constructivos es de suma importancia en aquellos lugares donde se registran temperaturas muy bajas. En la región NEA no se verifica un invierno riguroso, y sin duda la estación crítica es el verano, pero la humedad relativa es muy alta durante todo el año. “El periodo invernal es poco significativo con temperaturas medias durante el mes más frío de superiores a 12°C” ⁽⁵⁾. Pero mientras que en otros países el riesgo de condensaciones surge de las bajas temperaturas, en nuestra región los factores que podrían maximizar los riesgos de condensación son: “calefacción inadecuada (difusión de tipos de calefacción en los que los gases de combustión no son evacuados al exterior); superpoblación de los ambientes y una falta de ventilación planificada. Y sobre todo el desconocimiento por parte de los ocupantes del uso correcto de la vivienda” ⁽⁶⁾. A esto se le suma el grado de resolución de los detalles constructivos, en el que las restricciones económicas desembocan en cerramientos que no cumplen con las condiciones de aislación térmica para el invierno (se recuerda que ésta no es la estación crítica en zona NEA) y tampoco, como es obvio, se logra un aislamiento suficiente para el verano.
- **RESULTADOS EN EL CÁLCULO:** A modo de ejemplo se analiza el caso de un muro típico usado en las viviendas de interés social de la región, compuesto de revoque en ambas caras y ladrillos cerámicos huecos de 0.18m de espesor, aplicando el método propuesto según las normas IRAM⁽³⁾:



1. Revoque interior; 2. Ladrillos Cerámicos Huecos; 3. Revoque exterior; 4. Barrera de Vapor; 5. Aislación Térmica.

- 1° Caso: existe un punto de conflicto donde es posible que se produzcan condensaciones entre la capa de ladrillos huecos y el revoque exterior, la temperatura cae por debajo de la temperatura de rocío.
- 2° Caso: similar a 1° con una barrera de vapor en el lado de mayor presión de vapor (lugar correcto), se elimina el riesgo de condensación intersticial. Sin embargo, ¿es necesario y sustentable desde el punto de vista económico?, proponer el uso de una barrera de vapor en nuestra región, sabiendo con las experiencias realizadas, que el método carece de exactitud, además, sabiendo que el problema principal que presenta este muro reside en su baja aislación térmica.
- 3° Caso: al aplicar una aislación liviana, se ha mejorado el rendimiento térmico del muro, y se ha minimizado el riesgo de condensaciones tanto superficiales como intersticiales.

RESUMEN:

Por medio de los ejemplos se puede observar que “los procedimientos de intercambio de calor y humedad en los elementos constructivos exteriores son regulables con la elección y ordenación de los materiales aislantes al calor e impermeables al vapor. Solo el conocimiento de estos procesos físicos permite diseñar detalles constructivos que garanticen una eficacia constante”⁽²⁾. En la región NEA, **si bien existen riesgos de condensación del vapor de agua en los cerramientos, no existe desde el punto de vista climático exterior grandes peligros de que se presenten de manera virulenta ó crónica debido a el invierno no es la estación crítica.** Sin embargo el alto índice de ocupación de los espacios, la resolución inadecuada del aislamiento de los cerramientos de las viviendas de interés social, la mala ventilación de los espacios en general y de los locales húmedos en particular, sumado al desconocimiento de los habitantes en cuanto al uso de los medios de calefacción, generan ciertos riesgos de que se presenten patologías en la construcción debido a este fenómeno. Pero no es necesario llegar al extremo de la implementación de la barrera de vapor para una vivencia normal de los espacios (exceptuando cámaras frigoríficas o locales permanentemente refrigerados) siendo más importante el mejoramiento térmico a través de el uso de Aislaciones, que por un lado mejorará el nivel de confort (habitabilidad) de los espacios interiores, y por otro eliminará, en caso de que se llegue a una resistencia térmica suficiente, **el riesgo de condensaciones.** Es muy importante también el buen manejo de los materiales de terminación interior, los cuales en los locales húmedos, donde no pueden evitarse condensaciones superficiales transitorias, no deben ser atacables por la humedad. El otro punto a tener en cuenta es la correcta ventilación de la vivienda, la cual debería ser potenciada con un diseño arquitectónico acorde a las necesidades humanas y no según objetivos meramente económicos de reducción de costos, lo que redundará, además de la eliminación del exceso de vapor de agua, en un mejor funcionamiento en el verano.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA CONSULTADA:

1. PIZZI, Celso. “Mantenimiento de los Edificios de la vivienda individual y colectiva”. CEPSCO Ediciones.
2. EICHLER, Friedrich. “Patología de la Construcción, detalles constructivos”. Editorial Blume.
3. NORMAS IRAM 11.625/91 y 11603/94: “ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE EDIFICIOS”.
4. NORMAS BÁSICAS DE LA EDIFICACIÓN. NBE-CT-79: “Condiciones Térmicas en los Edificios”.
5. NORMAS IRAM 11.603/1992. “ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE LOS EDIFICIOS”.
6. BOUWCENTRUM ARGENTINA-INTI. N° 3 : “Humedad en viviendas”. 1974.