

REDISEÑO Y ACTUALIZACION DEL PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA VERIFICACION DEL RIESGO DE CONDENSACION EN CERRAMIENTOS EXTERIORES.

Guillermo E. Gonzalo¹, Sara Lía Ledesma², Viviana M. Nota³, Cecilia Martínez⁴

Centro de Estudios Energéticos y Medio Ambiente - Instituto de Acondicionamiento Ambiental
Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de Tucumán
Av. Roca 1900 - 4000 Tucumán - Argentina
Tel.+ .54.381.4364093 - Fax+ .54.381.4364141 - Email: gegonzalo@arnet.com.ar

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad exponer las sustanciales modificaciones introducidas en el *Programa Computacional para Verificación del Riesgo de Condensación Superficial e Intersticial en Cerramientos Exteriores*, con el objetivo de dar cumplimiento a las Normas IRAM sobre Aislamiento Térmico en Edificios actualizadas en el año 1996.

Se realizaron además mejoras tendientes a facilitar el uso y agilizar el proceso de verificación, minimizando de este modo la posibilidad de incurrir en errores por parte de los usuarios. Se introdujeron dentro del mismo programa todos los datos necesarios a incorporar para los distintos casos que se pudieran presentar. Estimamos que esto será de mucha utilidad para el cálculo y verificación, por parte de las empresas y organismos de contralor, en caso de licitaciones públicas que obligan al cumplimiento de la norma, ya que se presentaban muchos inconvenientes con estos cálculos.

Dichas modificaciones fueron realizadas fundamentalmente con el objeto de incorporar el uso del programa en la Propuesta de Normas para el Acondicionamiento Térmico de Edificios realizadas dentro del Proyecto de Investigación CIUNT N° 24/B104: Propuesta de Normas para el Acondicionamiento Ambiental de Edificios en Tucumán, con el fin de simplificar el proceso de verificación de la normativa propuesta.

Palabras clave: arquitectura – energía – habitabilidad – software – normas – condensación

DESARROLLO

El programa denominado CEEMA2KCONDENSA.xls se basa en la metodología de cálculo de las Normas IRAM vigentes y permite, mediante la introducción de pocos datos, calcular y graficar los valores de temperaturas superficiales y temperaturas de rocío y, por su comparación determinar la existencia o no de condensación en los diferentes planos del cerramiento. Entre las modificaciones introducidas se puede mencionar la organización del mismo en sucesivas planillas de cálculo realizadas en Microsoft Excel 95, lo que permite ordenar el proceso.

El programa está compuesto por una serie de hojas de cálculo en las cuales hay distintas planillas:

- Hoja “INTRO”: esta es una hoja de presentación del programa.
- Hoja “DATOS”: en las planillas que conforman esta hoja se introducen los datos de la localidad de análisis y del cerramiento a verificar.
- Hoja “CAPAS”: en esta planilla se introducen los datos de cada capa de material del cerramiento analizado.
- Hoja “VERIFICACION”: en estas planillas no se introducen datos, tiene la finalidad de verificar según Normas IRAM la transmitancia térmica y riesgo de condensación superficial e intersticial.
- Hojas “TEMEXDIS”, “KVIDRIO”, “PERMEAB”, “CONDUCTIV”, “PRESVAPOR”, “RECAMAIRE”: poseen planillas con datos a elegir en función de lo solicitado por el programa.

¹ Director Proyecto CIUNT

² Co-director Proyecto CIUNT

³ Investigador FAU-UNT

⁴ Becaria CIUNT

Hoja "INTRO":

CEEMA

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE TRANSMITANCIA TERMICA Y VERIFICACION DE CONDENSACION SUPERFICIAL E INTERSTICIAL



DR.ARQ. G.E.GONZALO - ARQ. S.L. LEDESMA - ARQ. V.M. NOTA - ARQ. C.F.MARTINEZ - MAYO 2K
Proyectos 26/B104 del CIUNT y 0613 de la ANCYT

El objetivo del desarrollo de este programa fue crear una herramienta para facilitar la verificación de la condensación superficial e intersticial y los valores de transmitancia térmica de cerramientos exteriores, permitiendo modificar los parámetros en forma interactiva para así poder explorar múltiples alternativas de solución.

Celdas a introducir datos para los cálculos

Celdas a introducir datos que no influyen en los cálculos

Celdas en donde no se introducen datos

DESCRIPCION SOBRE EL USO DEL SOFTWARE

Para el uso de este programa se deben ingresar primero los datos del proyecto, características del lugar y del emplazamiento, en la planilla DATOS. Luego los datos del muro o techo a verificar en PLANILLA, pasando a continuación, si se verifican los K mínimos, recomendados o ecológicos de normas y la ausencia de condensación superficial e intersticial, a ver los datos de verificación y el gráfico de temperaturas reales y de rocío en VERIFICACION.
En caso de no verificarse los valores de K o de condensación, se deben modificar los componentes del muro o techo en PLANILLA, teniendo en forma interactiva los resultados de estos cambios.
Para la elección de los datos cuenta con las planillas: TMEXDIS, KVIDRIO, PERMEAB, CONDUCTIV, PREVAPOR Y RECAMAIRE.
Para la realización de este programa se han utilizado las normas IRAM sobre Acondicionamiento Térmico de Edificios N° 11601, N° 11603, N° 11604, N° 11605 y N° 11625. Se aconseja consultar estas normas.

Fig. 1: Modelo de la hoja "INTRO" del programa de cálculo para la verificación de riesgo de condensación

Esta hoja tiene la finalidad de presentar el programa u ofrecer algunas instrucciones para su uso.

Hoja "DATOS":

OBRA:
SITUACION:
OPERADOR:
FECHA:

| |
|-------------------------------------|
| PRUEBA 01 |
| VERIFICACION DE PLANILLA NORMA IRAM |
| CEEMA-IAA-FAU-UNT |
| 25/05/2000 |

| CARACTERISTICAS DEL LUGAR | UNIDAD | VALOR | OBSERVACIONES |
|---------------------------------------|--------|-----------------|-----------------------|
| Nombre de la localidad: | | S.M. de Tucumán | |
| Altura sobre el nivel del mar: | m | 400 | VER ANEXO 1 |
| Zona bioclimática: | | 1 | VER ANEXO 1 |
| Tipo de cerramiento: | | M | MURO = M - TECHO = T |
| Temperatura interior de diseño: | °C | 18 | VER ANEXO 2 |
| Temperatura exterior de diseño: | °C | 3,1 | VER PLANILLA TEMEXDIS |
| Humedad relativa interior de diseño : | % | 75 | |
| Humedad relativa exterior de diseño: | % | 90 | |
| Presión de vapor interior: | kPa | 1,64 | |
| Presión de vapor exterior: | kPa | 0,73 | |

| CARACTERISTICAS DEL CERRAMIENTO | UNIDAD | VALOR | OBSERVACIONES |
|-----------------------------------|---------------------|--|------------------------|
| Características del cerramiento | | Muro doble de ladrillo común con 2 caras revocadas | |
| Resistencia de cámara de aire: | m ² .K/W | 0,17 | VER PLANILLA RECAMAIRE |
| Resistencia superficial interior: | m ² .K/W | 0,130 | VER PLANILLA RECAMAIRE |
| Resistencia superficial exterior: | m ² .K/W | 0,040 | VER PLANILLA RECAMAIRE |

Fig. 2: Modelo de la hoja "DATOS" del programa de cálculo para la verificación de riesgo de condensación

Encabezado: se introducen los datos de la obra, situación, operador y fecha.

Características del lugar: en esta parte de la planilla se incorporan los datos climáticos de la localidad de análisis.

- Nombre de la localidad: se introduce el nombre de la localidad en donde se ubicará la obra a construir.
- Altura sobre el nivel del mar: se introduce este dato de la localidad de emplazamiento de la obra.
- Zona bioclimática: se introduce la zona bioclimática a la que pertenece la localidad según zonificación bioambiental de la Provincia de Tucumán.
- Tipo de cerramiento: si el cerramiento es vertical, debe introducirse la letra "M", si el cerramiento es horizontal debe introducirse la letra "T".
- Temperatura interior de diseño: corresponde a al temperatura interior de diseño para la condición de invierno la cual depende del destino del local y se obtiene de normas IRAM 11.625.

- Temperatura exterior de diseño: corresponde a la temperatura exterior de diseño que depende de la localidad en la que se proyecte el edificio. Los valores para algunas localidades de la provincia de Tucumán se encuentran en la hoja TEMEXDIS
- Humedad relativa interior de diseño: este valor no se debe introducir ya que es calculado por el programa en función de la temperatura exterior de diseño, considerando hábitos de usos normales.
- Humedad relativa exterior de diseño: este valor ya se encuentra introducido en la planilla y está establecido por las Normas IRAM 11.625.
- Presión de vapor interior: este valor no se debe introducir ya que el mismo es calculado por el programa en función de la altura sobre el nivel del mar, la temperatura interior de diseño y la humedad relativa interior de diseño. Pueden obtenerse también de los diagramas psicrométricos de la hoja PRESVAP.
- Presión de vapor exterior: al igual que para la presión de vapor interior, este valor es calculado por el programa con los datos de altura sobre el nivel del mar, temperatura exterior de diseño y humedad relativa exterior de diseño. Al igual que en el caso anterior también se pueden obtener de los diagramas psicrométricos.

Características del cerramiento: en esta planilla se introducen los datos de resistencias superficiales y de cámara de aire.

- Resistencia de cámara: en el caso de contar el cerramiento con una cámara de aire intermedia, debe introducirse el valor de resistencia térmica de la misma, el cual se encuentra en la hoja RECAMAIRE y depende de las características de la misma.
- Resistencia superficial interior y exterior: este valor que se obtiene de la hoja RECAMAIRE.

Hoja "CAPAS":

| PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO | | | | | | | | | | | VERIFICA K | | VERIFICA CONDENS. | |
|--|------------------|------------|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------|
| NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD SOLAMENTE EN CAMARAS DE AIRE | | | | | | | | | | | SI/NO | SI/NO | SI/NO | SI/NO |
| | | | | | | | | | | | ECOLOGICO | NO VERIFICA | SUPERFICIAL | SI VERIF. |
| | | | | | | | | | | | RECOMEN. | NO VERIFICA | INTERSTICIAL | NO VERIF. |
| | | | | | | | | | | | MINIMO | SI VERIFICA | | |
| Nº Elem. | CAPAS | Espe-sor m | Conduc-tividad W/m.K | Resisten. térmica m ² .K/W | Peso Espec. Kg/m ³ | Peso Unit. Kg/m ² | Permea-bilidad g/m.h.KPa | Permean-cia g/m ² .h.kPa | Resist. vapor tot. m ² .h.kPa/g | Presión vapor kN/m ² | Temp. real (°C) | Temp. rocío (°C) | | |
| | AIRE INTERIOR | | VER PLANILLA | | | | VER PLANILLA | VER PLANILLA | | 1,64 | 18,00 | | | |
| | R.S.I. | | CONDUCTIV | 0,130 | | | PERMEAB | PERMEAB | | | | | | |
| 1 | REVOQUE INTERIOR | 0,025 | 1,160 | 0,022 | 1800 | 45,0 | 0,044 | | 0,57 | 1,64 | 15,28 | 14,40 | | |
| 2 | LADRILLO COMUN | 0,150 | 0,910 | 0,165 | 1800 | 270,0 | 0,080 | | 1,88 | 1,53 | 14,83 | 13,40 | | |
| 3 | CAMARA DE AIRE | 0,050 | | 0,170 | | | 0,626 | | 0,08 | 1,19 | 11,39 | 9,59 | | |
| 4 | LADRILLO COMUN | 0,150 | 0,910 | 0,165 | 1800 | 270,0 | 0,080 | | 1,88 | 1,18 | 7,83 | 9,41 | | |
| 5 | REVOQUE EXTERIOR | 0,025 | 1,160 | 0,022 | 1800 | 45,0 | 0,044 | | 0,57 | 0,83 | 4,39 | 4,36 | | |
| 6 | | | | | | | | | | 0,73 | 3,94 | 2,50 | | |
| 7 | | | | | | | | | | #N/A | #N/A | #N/A | | |
| 8 | | | | | | | | | | #N/A | #N/A | #N/A | | |
| 9 | | | | | | | | | | #N/A | #N/A | #N/A | | |
| 10 | | | | | | | | | | #N/A | #N/A | #N/A | | |
| 11 | | | | | | | | | | #N/A | #N/A | #N/A | | |
| | R.S.E. | | | 0,040 | | | | | | 0,73 | 3,10 | | | |
| | AIRE EXTERIOR | | | | | | | | | 0,73 | 3,10 | | | |
| | Espe-sor Total: | 0,400 | | Resist.Ter.Tot. | 0,713 | 630,00 | | 4,966 | | | | | | |
| | | | | 1,403 | | Peso Total | | Resis.paso vapor tot. | | | | | | |
| | | | | K=1/Rt | | | | | | | | | | |

Fig. 3: Modelo de la hoja "CAPAS" del programa de cálculo para la verificación de riesgo de condensación

En esta hoja se encuentra la planilla en la cual, a partir de los datos volcados de los materiales constitutivos de la envolvente, se determinan: la presión de vapor, temperatura en cada superficie, temperatura de rocío y transmisión térmica total del elemento, los que serán necesarios conocer para la verificación de riesgo de condensación en el elemento. Los datos a introducir son:

- Capas del cerramiento: En esta columna se indican las capas del elemento constructivo desde el interior hacia el exterior. En caso de existir cámara de aire, la misma se debe introducir como un material más.
- Espesor: se indican los valores de espesor en cada capa en metros.
- Conductividad térmica: se introducen los valores de conductividad térmica para cada capa de material cuyos valores se encuentran en la hoja CONDUCTIV del programa.
- Resistencia Térmica: estos valores son calculados por el programa para cada capa de material con los datos de espesor y conductividad.
- Peso específico: se introducen los valores del peso específico o densidad en Kg/m³ para cada capa de material cuyos valores se encuentran en la hoja CONDUCTIV del programa.

- Permeabilidad: se introducen los valores de permeabilidad para cada capa de material cuyos valores se encuentran en la hoja PERMEAB del programa.
- Permeancia: para capas de materiales cuyo espesor es muy pequeño, debe introducirse el valor de la permeancia de los mismos cuyos valores se encuentran en la hoja PERMEAB del programa.

Los valores de resistencia de vapor, presión de vapor, temperatura real y temperatura de rocío son calculados por el programa.

Hoja "VERIFICACION":

Verificación del valor K de transmitancia térmica según Normas IRAM 11.605: En función de la transmitancia térmica del elemento, calculada por el programa, el mismo realiza la verificación de Normas para los tres niveles de confort: mínimo, recomendado y ecológico para la condición de invierno.

PLANILLA PARA LA VERIFICACION DE K DE NORMA IRAM 11605/96

| TIPO DE K | UNIDAD | VALOR | VERIFICACION |
|----------------------|---------------------|-------|--------------------|
| K CALCULADO: | W/m ² .K | 1,40 | |
| K ecológico | W/m ² .K | 0,43 | NO VERIFICA |
| K recomendado | W/m ² .K | 1,16 | NO VERIFICA |
| K mínimo | W/m ² .K | 2,13 | SI VERIFICA |

Fig. 4: Modelo del sector de verificación de K de la hoja "VERIFICACION" del programa de cálculo para la verificación de riesgo de condensación.

Verificación de condensación superficial: En esta planilla el programa compara las temperaturas superficial interna y de rocío indicando si el cerramiento presenta o no condensación en la superficie interna del mismo.

VERIFICACION CONDENSACION SUPERFICIAL

| CONDICIONES SUP. INT. | UNIDAD | VALOR | VERIFICACION |
|--------------------------------------|---------------------|-------|--------------------|
| Presión de vapor interior | kPa | 1,64 | |
| Presión de vapor exterior | kPa | 0,73 | |
| Diferencia de temperatura (Ti-Te) | °C | 14,90 | |
| Resistencia superficial interior | m ² .K/W | 0,17 | |
| Caída de temperatura en la sup. int. | °C | 3,36 | |
| Temperatura de la superficie interna | °C | 14,64 | |
| Temperatura de rocío sup. int. | °C | 14,40 | NO CONDENSA |

Fig. 5: Modelo del sector de verificación de condensación superficial de la hoja "VERIFICACION" del programa de cálculo para la verificación de riesgo de condensación.

Verificación de condensación intersticial: En esta sección el programa compara la temperatura real y la temperatura de rocío de cada capa de material e indica la existencia o no de condensación intersticial en cada una de ellas.

VERIFICACION CONDENSACION INTERSTICIAL

| Nº CAPA | TEMP. | TEMP.ROCÍO | VERIFICACIÓN |
|----------|-------|------------|--------------------|
| Int. | 18,00 | | |
| 1º CARA | 18,00 | | |
| 1 | 15,28 | 14,40 | NO CONDENSA |
| 2 | 14,83 | 13,40 | NO CONDENSA |
| 3 | 11,39 | 9,59 | NO CONDENSA |
| 4 | 7,83 | 9,41 | SI CONDENSA |
| 5 | 4,39 | 4,36 | NO CONDENSA |
| 6 | 3,94 | 2,50 | NO CONDENSA |
| 7 | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8 | #N/A | #N/A | #N/A |
| 9 | #N/A | #N/A | #N/A |
| 10 | #N/A | #N/A | #N/A |
| 11 | #N/A | #N/A | #N/A |
| ULT.CARA | 3,10 | #N/A | |
| Ext. | 3,10 | | |

Fig. 6: Modelo del sector de verificación de condensación intersticial de la hoja "VERIFICACION" del programa de cálculo para la verificación de riesgo de condensación.

En el gráfico se muestran las curvas de temperatura real y de rocío en cada capa de material, lo que permite visualizar el problema de condensación cuando la curva de temperatura real está por debajo de la curva de temperatura de rocío en alguna capa. Se observa que para la primera y última capa no se registra temperatura de rocío debido a que estas corresponden a las películas de aire adosadas a la superficie interior y exterior del cerramiento.

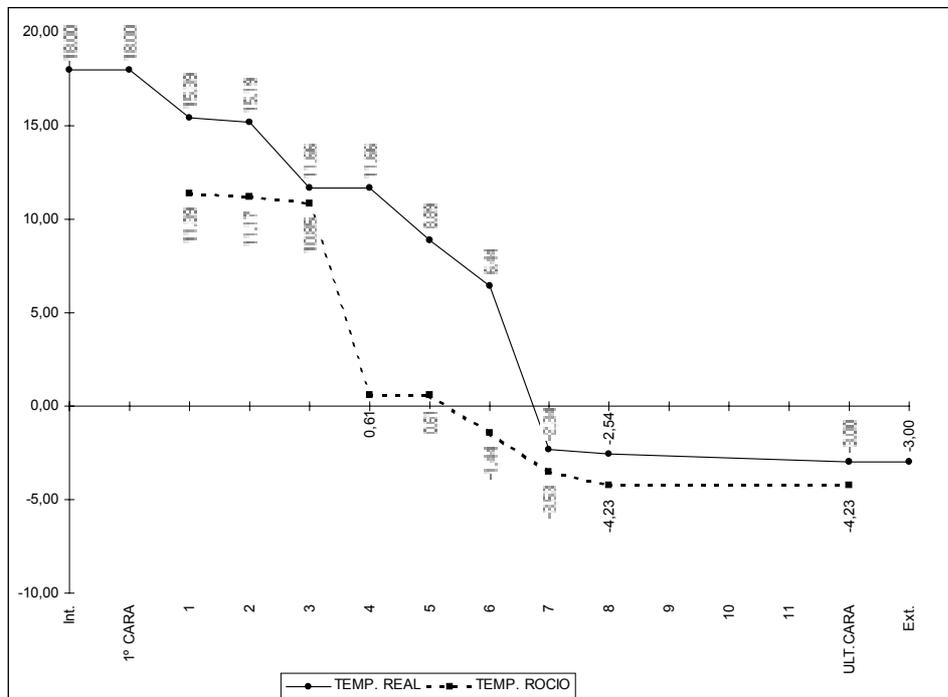


Fig. 7: Modelo de gráfico de verificación de condensación intersticial de la hoja "VERIFICACION" del programa de cálculo para la verificación de riesgo de condensación.

Las restantes planillas que se observan en esta hoja tienen la finalidad de mostrar los cálculos intermedios y permiten visualizar las temperaturas y presiones de vapor de cada capa de material.

CONCLUSIONES:

Las modificaciones introducidas al programa facilitan el uso del mismo, brindando al diseñador una herramienta sencilla para detectar el riesgo de que se produzca condensación en el interior del cerramiento de un edificio, evitando de este modo los daños que se producirían en el mismo los que, si bien no son observables a simple vista, producen un grave riesgo a mediano o largo plazo. La posibilidad que brinda el programa de modificar rápida e interactivamente los componentes de un cerramiento permite la correcta elección y ubicación de los materiales constitutivos del mismo, principalmente de las barreras de vapor.

ABSTRACT

The present work has as purpose to expose the substantial modifications introduced in the Software for Verification of the Risk of Superficial and Interstitial Condensation in External Walls and Roofs, with the objective of fulfill IRAM regulations actualized in 1996.

They were carried out also improvements to facilitate the use and to speed up the verification process, minimizing the possibility of mistakes of users. They were introduced inside the software all the necessary data to incorporate for the different cases that could be presented. We estimate that this will be of a lot of utility for the calculation and verification, by companies and public administrators, in the case of public bids that force to the execution of the norm, since many inconveniences were presented with these calculations.

This modifications were carried out fundamentally in order to incorporating the use of the software in the Regulations for the Thermal Conditioning of Buildings carried out inside the research project CIUNT N° 24/B104: Proposal of Norms for the Environmental Conditioning of Buildings in Tucumán, with the purpose of simplifying the process of verification of the normative.

BIBLIOGRAFIA

- Gonzalo G.E., Martinez C.F.y Nota V.M. (1995). Programa para la Verificación de Riesgo de Condensación Superficial e Intersticial, XVIII Reunión de trabajo de ASADES y IV Encuentro Nacional de la IASEE, San Luis.
- Gonzalo G.E.(1998). Manual de Arquitectura Bioclimática. Tucumán.
- Evans, J.M.(1980). Housing, climate and confort, Architectural Press. London.
- Koenisberger O.H. y Szokolay S.V.(1977). Viviendas y Edificios en zonas cálidas y tropicales. Paraninfo, Madrid.
- Rumor C. y Strohmenger G. (1972). Manual Teórico-Práctico: calefacción, ventilación, acondicionamiento, Barcelona.
- Instituto Argentino de Normalización, Actualización de las Normas IRAM sobre Aislamiento Térmico de Edificios,1996.