

# Hterm 3.0

## Guía de Usuario

### Aplicación elaborada por:

Universidad de la República - Uruguay



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo  
Instituto de la Construcción  
Departamento de Clima y Confort



CIEN AÑOS  
FACULTAD DE  
ARQUITECTURA

Facultad de Ingeniería  
Instituto de Ingeniería Eléctrica  
Departamento de Control y Electrónica Industrial



### Con la financiación de:

Ministerio de Industria, Energía y Minería  
Fideicomiso Uruguayo de Ahorro y Eficiencia Energética



**MIEM**  
MINISTERIO DE INDUSTRIA,  
ENERGÍA Y MINERÍA

## Contenido

Alcance .....	3
Símbolos y unidades.....	3
Entorno visual.....	4
Condiciones de cálculo .....	5
Conformación de un cerramiento nuevo.....	5
Seleccionar un material.....	5
Ejemplo de dimensiones para considerar una cámara de aire muy ventilada. ....	6
Ingreso de material nuevo .....	6
Modificación del orden de capas del cerramiento .....	7
Sustituir capa.....	7
Borrar capa.....	7
Guardar un cerramiento .....	7
Abrir un cerramiento guardado .....	7
Edición de condiciones de cálculo.....	8
Selección de tipo de cerramiento .....	8
Selección de localidad .....	8
Cálculo de resultados .....	9
Tabla .....	10
Gráficas.....	10
Estudio de condensaciones.....	10
Variación de temperatura superficial. ....	10
Exportar resultados .....	10
Bibliografía .....	10

## Alcance

El programa HTerm se utiliza para la evaluación higrotérmica de cerramientos opacos. El programa calcula el riesgo de ocurrencia de condensaciones superficiales e intersticiales a partir de las temperaturas de las capas y temperaturas de rocío. El programa también arroja resultados de transmitancia y capacidad térmica, incluyendo en esta nueva versión el cálculo de retardo y amortiguación térmica del cerramiento planteado.

## Símbolos y unidades

Símbolo	Magnitud	Unidad
$e$	Espesor	mm
$\rho$	Densidad	kg/m <sup>3</sup>
$M$	Masa	kg/m <sup>2</sup>
$\lambda$	Conductividad térmica	W/(m.K)
$C_p$	Calor específico	J/(kg.K)
$R$	Resistencia térmica	m <sup>2</sup> .K/W
$CTm$	Capacidad térmica media	kJ/(m <sup>2</sup> .K)
$U$	Transmitancia térmica	W/(m <sup>2</sup> .K)
$\delta_p$	Permeabilidad al vapor de agua respecto a la presión parcial de vapor	kg/(m.s.Pa)
$Z_p$	Resistencia a la difusión de vapor de agua respecto a la presión parcial de vapor	m <sup>2</sup> .s.Pa/kg
$W_p$	Permeancia al vapor de agua respecto a la presión parcial de vapor	kg/(m <sup>2</sup> .s.Pa)
$\mu$	Factor de resistencia al vapor de agua	-
$s_d$	Espesor de capa de aire equivalente a la difusión de vapor de agua	m
$t$	Temperatura	°C
$HR$	Humedad relativa	%

## Subíndices

Subíndice	Concepto
e	aire exterior
i	aire interior
m	media
s	superficie
r	rocío
se	superficie exterior
si	superficie interior

## Entorno visual

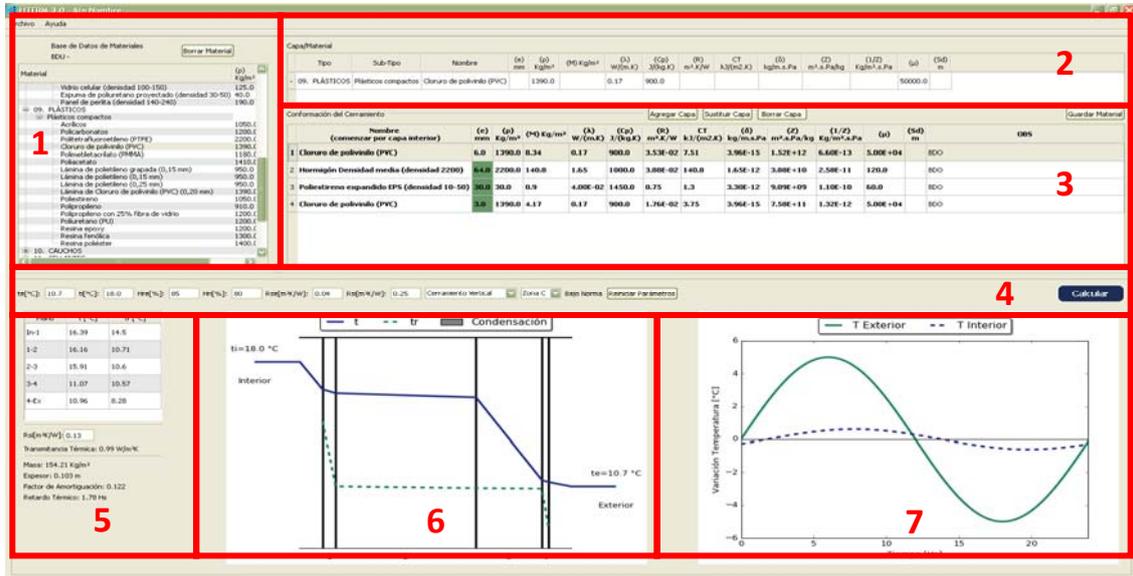


Figura 1 - Organización de pantalla

Referencias:

- 1 - Ventana **Base de Datos de Materiales**
- 2 - Ventana **Capa/Material**
- 3 - Ventana **Conformación del cerramiento**
- 4 - Edición de Condiciones de Cálculo
- 5 - Resultados
- 6 - Gráfica de Estudio de condensaciones
- 7 - Gráfica de Variación de temperatura superficial

## Condiciones de cálculo

Los cálculos son realizados según lo indican las normas UNIT-ISO 13788:2012 (adopción 2015) y UNIT-ISO 13786:2007 (adopción 2009).

Los valores de temperatura y humedad exterior fueron obtenidos de los datos base del Año Meteorológico Típico, desarrollado por el Laboratorio de Energía Solar, de la Universidad de la República<sup>1</sup>.

Las condiciones del ambiente interior se establecen en 18°C de temperatura del aire y 80% de humedad relativa, correspondiendo este último a una higrometría de clase 3, nivel superior, según norma UNIT-ISO 13788:2012. En caso de querer estudiar otras condiciones, el programa permite modificar estos valores.

## Conformación de un cerramiento nuevo

Para estudiar un cerramiento se deberán ingresar los materiales que lo componen comenzando por el material hacia interior del local y siguiendo con el orden de los materiales hacia el exterior. Los materiales pueden ser seleccionados de la **Base de Datos de Materiales**<sup>2</sup> del programa o se pueden ingresar materiales nuevos, los cuales pueden ser guardados en una base de datos personal.

### Seleccionar un material

Para agregar un material al cerramiento se deberá seleccionar de la tabla que aparece en la izquierda de la pantalla en la ventana **Base de Datos de Materiales** haciendo click izquierdo sobre él. Seleccionando un material podrán visualizarse sus propiedades higrotérmicas en la ventana **Capa/Material**. Para cargar el material a la ventana **Conformación del cerramiento** puede hacerse doble click sobre el mismo desde la ventana **Base de Datos de Materiales** o presionar **Agregar capa** en la ventana **Conformación del cerramiento**, estableciéndolo como capa del cerramiento. Una vez seleccionado el material, se deberá ingresar el espesor correspondiente en milímetros.

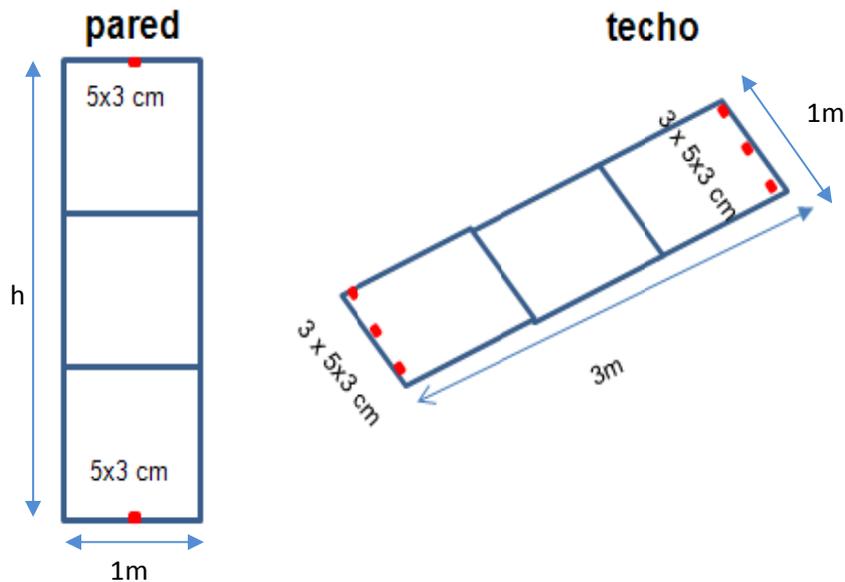
### Cámaras de aire

Cámara de aire muy ventilada. Cuando la cámara de aire es muy ventilada, no se considera para los cálculos ni tampoco los materiales que existen entre ésta y el exterior. Una cámara de aire se considera muy ventilada cuando tiene aberturas al ambiente exterior mayores o iguales a:

- 1500 mm<sup>2</sup> por metro de longitud (en dirección horizontal) para capas de aire verticales
- 1500 mm<sup>2</sup> por metro cuadrado de área superficial para capas de aire horizontales

<sup>1</sup> Alonso-Suárez R., Bidegain, M., Abal, G., Modernell, P. Año Meteorológico Típico para Aplicaciones de Energía Solar (AMTUes): series horarias típicas para 5 sitios del Uruguay. Memoria Técnica del LES/UdelaR, versión 2.3, abril de 2016. Disponible en <http://www.dne.gub.uy/documents/112315/8409189/MT-AMTU.pdf>.

<sup>2</sup>Los datos proporcionados en esta tabla fueron obtenidos de normas nacionales e internacionales.



Ejemplo de dimensiones para considerar una cámara de aire muy ventilada.

### Ingreso de material nuevo

Para ingresar un material nuevo, se debe seleccionar un material de la **Base de Datos de Materiales** existente y en la ventana **Capa/Material** (ver figura 1) modificar el **Nombre**, ya que el programa no permite nombre repetidos. Además puede modificarse el Tipo, Sub-Tipo y las propiedades correspondientes. Para guardarlo se presiona **Guardar Material**, el material nuevo quedará guardado en una nueva base de datos y aparecerá al final de la lista bajo el título **Materiales Cargados**, dentro de la clasificación con que fue creado. La nueva base de datos será solicitada cuando se guarde el material.

- Material homogéneo. Para este tipo de materiales se deberán ingresar los datos de conductividad térmica, densidad, calor específico y uno de los siguientes datos: permeancia al vapor de agua, permeabilidad al vapor de agua, resistencia a la difusión del vapor de agua o factor de resistencia al vapor de agua, en las unidades indicadas.
- Material heterogéneo (con huecos). Para este tipo de materiales se deberá ingresar los datos de resistencia térmica, capacidad térmica, masa y uno de los siguientes datos: permeancia al vapor de agua, permeabilidad al vapor de agua, resistencia a la difusión del vapor de agua o factor de resistencia al vapor de agua, en las unidades indicadas.

*Nota:* En el caso de permeancia al vapor de agua, permeabilidad al vapor de agua y resistencia a la difusión del vapor de agua, los valores se expresan en notación científica. Ejemplo, para un valor de permeabilidad de  $3 \times 10^{-12}$ , se debe ingresar 3E-12.

Si el dato de permeabilidad al vapor del material se encuentra en otras unidades que no sean las que solicita el programa, en el menú Ayuda se encuentra disponible un conversor de unidades basado en la siguiente tabla:

**IMPORTANTE:** Existen materiales con un factor de resistencia al vapor de agua ( $\mu$ ) infinito, para cálculos a estos materiales se les asigna un valor de  $\mu$  igual a  $10^6$ . Por lo tanto, todo material

nuevo que se ingrese con un valor de  $\mu$  igual o mayor a  $10^6$  se considerará como impermeable al vapor de agua.

	$\frac{\text{Kg}}{\text{m. s. Pa}}$	$\frac{\text{g}}{\text{m. h. mmHg}}$	$\frac{\text{g}}{\text{m. s. bar}}$	$\frac{\text{g. cm}}{\text{m}^2. \text{dia. mmHg}}$	$\frac{\text{gn. in}}{\text{ft}^2. \text{h. inHg}}$
$\frac{\text{Kg}}{\text{m. s. Pa}}$	1	$479.96 \times 10^6$	$10^8$	$1.1519 \times 10^2$	$0.68823 \times 10^{12}$
$\frac{\text{g}}{\text{m. h. mmHg}}$	$2.0835 \times 10^{-9}$	1	0.20835	2400	1433.9
$\frac{\text{g}}{\text{m. s. bar}}$	$10^{-8}$	4.7996	1	11519	6882.3
$\frac{\text{g. cm}}{\text{m}^2. \text{dia. mmHg}}$	$0.86813 \times 10^{-12}$	$0.4167 \times 10^{-3}$	$86.813 \times 10^{-6}$	1	0.59747
$\frac{\text{gn. in}}{\text{ft}^2. \text{h. inHg}}$	$1.453 \times 10^{-12}$	$0.69738 \times 10^{-3}$	$0.1453 \times 10^{-3}$	1.6737	1

Tabla de conversión de unidades para la permeabilidad al vapor de agua

## Modificación del orden de capas del cerramiento

Si se desea modificar el orden de las capas en la ventana **Conformación del cerramiento**, se deberá seleccionar la capa correspondiente: pincharla con el *mouse* y arrastrarla a su nueva ubicación.

## Sustituir capa

Para sustituir una capa debe cargarse el material que se desea incorporar al cerramiento en la ventana **Capa/Material** seleccionar la capa a sustituir de la ventana **Conformación del cerramiento** y presionar **Sustituir Capa**.

## Borrar capa

Para borrar una capa debe seleccionarse la capa en la ventana **Conformación del cerramiento** y presionar **Borrar Capa**.

## Guardar un cerramiento

Para guardar un cerramiento creado, seleccionar **Guardar Cerramiento** del menú desplegable Archivo. La extensión del archivo es .muro

## Abrir un cerramiento guardado

Para abrir un cerramiento, seleccionar **Cargar Cerramiento** del menú desplegable Archivo. Se muestran únicamente los archivos con extensión .muro

## Edición de condiciones de cálculo

Las condiciones de temperatura y humedad establecidas en base al Año Meteorológico Típico y a la norma UNIT-ISO 13788:2012, pueden editarse manualmente. Debe tenerse en cuenta que al editar manualmente estos valores se estará realizando el cálculo **Fuera de Norma** como se establece en la advertencia que el software emite.

Los valores de resistencia térmica superficial son los indicados en la norma de referencia y no se pueden editar. El cálculo utiliza los siguientes valores de resistencias térmicas superficiales:

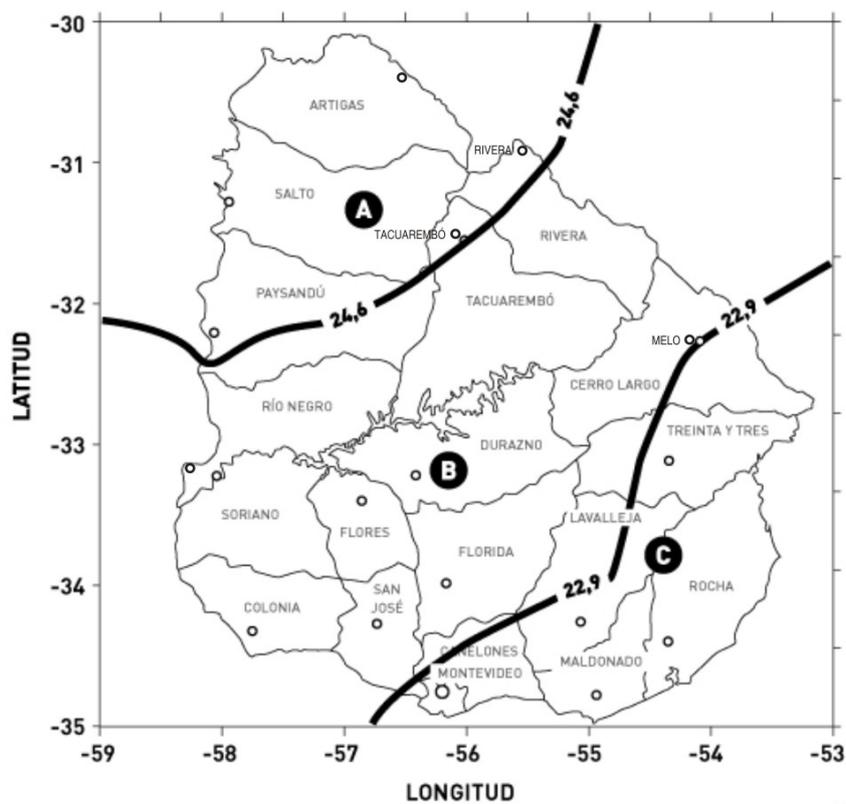
- para estudio de riesgo de condensaciones:  $R_{si}=0.25 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$   
 $R_{se}=0.04 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$
- para cálculo de transmitancia térmica:  $R_{si}=0.13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  para cerramientos verticales  
 $R_{si}=0.10 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  para cerramientos horizontales  
 $R_{se}=0.04 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$

## Selección de tipo de cerramiento

Seleccionar si el tipo de cerramiento es Horizontal o Vertical. Si el techo es inclinado, hasta un ángulo de  $30^\circ$  respecto a la horizontal, se considera horizontal.

## Selección de localidad

Se deberá seleccionar la zona térmica a la que pertenece la localidad para la cual se realiza el estudio del cerramiento, según el criterio de división establecido por la norma UNIT 1026:1999. Dado que la Zona B presenta mayor diversidad de situaciones, el programa considera localidades al Noreste o al Suroeste, según lo indica la línea punteada. Se proporciona imagen con la clasificación térmica según norma UNIT 1026:1999.



## Cálculo de resultados

Una vez ingresados todos los materiales que conforman el cerramiento con los datos necesarios, se presiona el botón **Calcular** para calcular y graficar los resultados.

Se obtienen los resultados del cerramiento:

- |                           |              |
|---------------------------|--------------|
| - Transmitancia térmica   | $W/(m^2.K)$  |
| - Capacidad térmica       | $kJ/(m^2.K)$ |
| - Masa                    | $kg/m^2$     |
| - Espesor                 | m            |
| - Factor de amortiguación | adimensional |
| - Retardo térmico         | horas        |

## Tabla

La tabla a la izquierda de la pantalla indica los valores de temperatura de rocío y temperatura de cada plano que conforma el cerramiento. Se entiende por plano, cada cara de un material, correspondiendo el primer plano a la cara interior del cerramiento.

## Gráficas

Se presentan dos gráficas. La ubicada a la izquierda corresponde al estudio de condensaciones y hacia la derecha se representa la variación de temperatura superficial en régimen dinámico.

**Estudio de condensaciones.** Se presenta un corte del cerramiento y sobre él se grafican los valores de temperatura de planos y temperatura de rocío. Se marca la zona donde existe riesgo de ocurrencia de condensaciones, en caso de existir.

**Variación de temperatura superficial.** Sobre un eje horario, se representa la variación de temperatura superficial exterior e interior, para un ciclo diario.

## Exportar resultados

Los resultados obtenidos pueden exportarse en formato PDF seleccionando **Exportar Resultados** en el menú desplegable Archivo.

---

### Nota:

De encontrar erratas en esta documentación agradecemos que sean enviadas a la casilla [decca@fadu.edu.uy](mailto:decca@fadu.edu.uy).

## Bibliografía

Alonso-Suárez R., Bidegain, M., Abal, G., Modernell, P. Año Meteorológico Típico para Aplicaciones de Energía Solar (AMTUES): series horarias típicas para 5 sitios del Uruguay. Memoria Técnica del LES/UdelaR, versión 2.3, abril de 2016. Disponible en <http://www.dne.gub.uy/documents/112315/8409189/MT-AMTU.pdf>.

UNIT 1026:1999 Aislamiento térmico de edificios. Zonificación climática.

UNIT 1150:2010 Desempeño térmico de los edificios de uso residencial. Diseño de la envolvente. Parámetros y guía para el cálculo.

UNIT 1158:2007 Muros y mampuestos para muros. Métodos para determinar los valores térmicos de proyecto.

UNIT-ISO 6946:2007 Componentes y elementos de los edificios – Resistencia térmica y transmitancia térmica – Método de cálculo.

UNIT-ISO 10456:2007 Materiales y productos para edificación – Propiedades higrotérmicas – Valores de diseño tabulados y procedimientos para determinar los valores térmicos de diseño y declarados.

UNIT-ISO 12572:2001 Características higrotérmicas de los productos y materiales de edificación. Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua.

UNIT-ISO 13786:2007 Desempeño térmico de los componentes de los edificios. Características térmicas dinámicas. Método de cálculo.

UNIT-ISO 13788:2012 Desempeño térmico de los elementos y componentes de edificación – Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial – Métodos de cálculo.

Catálogo de elementos constructivos del Código Técnico de la Edificación. Ministerio de Fomento. Gobierno de España, 2010.