



Ener-Habitat

EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

Manual de uso

V.2.1.0

Septiembre de 2013

Derechos de autor en trámite. Se puede hacer referencia al contenido de esta publicación indicando la procedencia. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida sin la autorización por escrito del Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México. Solicitudes al correo ghl@cie.unam.mx

Para permitir mejoras en el programa Ener-Habitat, la información en este documento está sujeta a modificaciones en cualquier momento, sin necesidad de notificación.

Este manual de uso fue elaborado por Guadalupe Huelsz, Guillermo Barrios y Jorge Rojas del Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Ener-Habitat es un producto del proyecto “Desarrollo y validación de una metodología para estimar los impactos en el ahorro de energía por el uso de sistemas pasivo-constructivos en la edificación para diferentes climas de México” fue desarrollado por las siguientes instituciones:

- Instituto de Energías Renovables – Universidad Nacional Autónoma de México (líder)
- Programa de Arquitectura, Departamento de Bellas Artes - Universidad de Sonora
- Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo- Universidad Autónoma de Tamaulipas
- Facultad de Arquitectura y Diseño – Universidad de Colima
- Ingeniería Mecánica – Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
- Arquitectura Bioclimática – Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco



“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”



El proyecto fue patrocinado por el Fondo de Sustentabilidad Energética CONACYT-SENER con registro S0019-2009-01-118665.



Contenido

1. Introducción	5
2. Características de Ener-Habitat	5
3. Registro	6
3.1.Registro de un nuevo usuario	6
3.2.Edición de un registro previo	8
3.3.Recuperación de la contraseña	10
4. Inicio de sesión	11
5. Selección del tipo de sistema constructivo	12
6. Simulación de sistemas constructivos con capas homogéneas	14
6.1. Selección de parámetros de simulación	15
6.2. Definición de la inclinación y la orientación	18
6.3. Selección del número de capas del sistema constructivo	24
6.4. Definición de las capas del sistema constructivo	25
7. Simulación de sistemas constructivos con una capa no homogénea	33
7.1. Selección de parámetros de simulación	33
7.2. Selección del número de capas del sistema constructivo	36
7.3. Definición del tipo de capa no homogénea	37
7.4. Definición de la inclinación y la orientación	44
7.5. Definición de las capas del sistema constructivo	46
8. Entrega de resultados	49
8.1. Sin aire acondicionado simulación mensual	52
8.2. Sin aire acondicionado simulación anual	57
8.3. Con aire acondicionado simulación mensual	61
8.4. Con aire acondicionado simulación anual	66
9. Cambio de parámetros desde la ventana de resultados	75
9.1. En simulaciones de sistemas constructivos de capas homogéneas	75
9.2. En simulaciones de sistema constructivo con una capa no homogénea	76
10. Fin de sesión	78
11. Fundamentos teóricos de Ener-Habitat	78
11.1. Diagrama de flujo de Ener-Habitat	78
11.2. Modelo para sistemas de capas homogéneas	80
11.3. Modelo para sistemas con una capa no homogénea	82
11.4. Condiciones de frontera	83

1. Introducción

Ener-habitat es una herramienta de simulación numérica para comparar el desempeño térmico de sistemas constructivos de techos y muros de la envolvente de una edificación en las condiciones climáticas de las principales ciudades de la República Mexicana. Utiliza el modelo de transferencia de calor dependiente del tiempo. La herramienta es de acceso gratuito, previo registro. Está disponible en la página electrónica www.enerhabitat.unam.mx

La herramienta Ener-habitat está siendo desarrollada por académicos con el propósito de colaborar en el diseño y uso de sistemas constructivos de muros y techos de la envolvente acordes al clima y a la condición de operación de la edificación. Este proyecto es financiado por el Fondo CONACYT-Secretaria de Energía - Sustentabilidad Energética.

Los resultados de la herramienta son con fines comparativos. La temperatura del aire al interior, los valores de la energía y otros parámetros reportados, son resultado de la transferencia de calor exclusivamente por el sistema constructivo en evaluación. No representan los valores que tendría en situaciones reales en donde existen otros factores a considerar. Los desarrolladores de esta herramienta deslindamos toda responsabilidad de los resultados utilizados en otro sentido.

2. Características de Ener-Habitat

Las principales características de Ener-Habitat son:

- Realiza simulaciones numéricas de transferencia de calor dependiente del tiempo, lo que permite tomar en cuenta el efecto de la masa térmica y no solo de la resistencia térmica de los materiales constructivos. Este hecho es muy importante en lugares con alta insolación solar y grandes variaciones de temperatura a lo largo del día, como ocurre en la mayor parte del territorio mexicano.
- Realiza simulaciones para el día típico del mes, para la ciudad seleccionada.
- Evalúa el desempeño térmico de sistemas constructivos formados por capas homogéneas y algunos sistemas constructivos formados por capas homogéneas y una capa no homogénea. Ejemplos de capa no homogénea son el bloque hueco de concreto, la vigueta y bovedilla hueca de concreto y la vigueta y bovedilla de poliestireno.
- Evalúa los sistemas constructivos de la edificación en dos condiciones, con aire acondicionado o sin aire acondicionado. Con aire acondicionado el parámetro principal de comparación es la carga térmica por unidad de área debida a la transferencia de calor por el sistema constructivo. Sin aire acondicionado el parámetro principal es el factor de decremento. Este parámetro indica que tanto se ha amortiguado la oscilación de la temperatura del aire en el interior respecto a la temperatura sol-aire. La evaluación se realiza para un día típico del mes, por lo que se suponen condiciones periódicas, entonces la energía que entra a la edificación

por unidad de área del sistema constructivo es igual a la que sale de la edificación por unidad de área, y al valor se denomina energía transmitida por el sistema constructivo.

- Es de fácil uso y no requiere de una capacitación especial.
- Solo evalúa la transferencia de calor por unidad de área a través del sistema constructivo de muro o techo de la envolvente, por lo que solo puede ser usado para seleccionar el mejor sistema constructivo de muros o techos para el clima de interés. No toma en cuenta otros factores en la transferencia de calor total de una edificación como son, ventanas, ventilación, personas y equipos, por lo que los resultados no deben ser usados para el dimensionamiento de sistemas de aire acondicionado.
- Puede utilizarse para calcular la transferencia de calor por conducción a través de ventanas y puertas, sin considerar la parte de los marcos y la transferencia de calor por radiación solar en la parte transparente.

3. Registro

Se describe como hacer el registro de un nuevo usuario, como editar un registro previo y que hacer para recuperar la contraseña de un usuario registrado.

3.1. Registro de un nuevo usuario

La primera vez que se desee usar la herramienta debe registrarse. Al ingresar al portal de Ener-Habitat www.enerhabitat.unam.mx se muestra la siguiente página:



Presionando el botón **Regístrate** se accede a la página de Registro.

En el lado izquierdo de esta página se muestran las Políticas de uso de Ener-Habitat y las Políticas de uso de datos personales. Para poder registrarse deberá aceptar las políticas de uso de Ener-Habitat y de uso de datos personales. Opcionalmente podrá aceptar recibir información sobre actualizaciones y ser consultado sobre su opinión de este programa.

En el lado derecho de esta página debe introducirse un nombre de Usuario, que se registra en minúsculas, elegir una Contraseña y confirmarla. Sólo la contraseña es sensible al uso de mayúsculas y minúsculas. Se pide registrar nombre y actividad, escogiendo de un menú. Si selecciona Otro, el sistema le solicitará especificar su actividad. El programa también le solicita el nombre de la empresa o institución en la que ejerce la actividad señalada y su *e-mail*. Para finalizar el registro debe presionar el botón **Crear**.

Política de uso de Ener-Habitat

El registro y el uso de Ener-Habitat son gratuitos. Si el usuario publica o hace uso de resultados generados con este programa para cualquier fin, se compromete a manifestar explícitamente que los datos fueron generados por Ener-Habitat.

La herramienta Ener-Habitat está siendo desarrollada por académicos con el propósito de colaborar en el diseño y uso de sistemas constructivos de muros y techos de la envolvente acordes al clima y a la condición de operación de la edificación. Los resultados de la herramienta son con fines comparativos. La temperatura del aire al interior, los valores de la energía y otros parámetros reportados, son resultado de la transferencia de calor exclusivamente por el sistema constructivo en evaluación. No representan los valores que tendrán en situaciones reales en donde existen otros factores a considerar. Los desarrolladores de esta herramienta deslindamos toda responsabilidad de los resultados utilizados en otro sentido. Al ser una herramienta en desarrollo, pueden existir errores, si detecta alguno, favor de comunicarlo a enerhabitat@cie.unam.mx, ayúdanos así a mejorarla.

Política de uso de datos personales

La información que se solicita no será proporcionada a terceros. Sólo será utilizada con fines estadísticos sobre el uso de la herramienta.

3.2. Edición de un registro previo

Ener-Habitat permite editar un registro previo, para ello en el portal de Ener-Habitat se debe ingresar el Usuario, Contraseña y presionar el botón **Editar cuenta**.



Usuario:

Contraseña:

No eres usuario Olvidaste tu contraseña

Proyecto: Vivienda Bioclimática. Laboratorio de Energía, Medio Ambiente y Arquitectura UNISON. Imagen Arq. Carlos B. Gámez Ruiz

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Se muestra la página de Edición de cuenta, donde se pueden cambiar los datos del registro, con excepción del Usuario y eliminar la cuenta.

Edición de cuenta

<p>Usuario: gbv</p> <p>Nombre: <input type="text" value="gbv"/></p> <p>Actividad: <input type="text" value="Investigador"/> ▼</p> <p><input type="text"/></p> <p>Empresa o institución: <input type="text" value="unam"/></p> <p>e-mail: <input type="text" value="gbv@cie.unam.mx"/></p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Guardar cambios"/></p>	<p>Contraseña: <input type="password"/></p> <p>Contraseña: <input type="password"/></p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Cambiar"/></p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Eliminar cuenta"/></p>
---	---

- Deseo recibir información sobre actualizaciones
- Acepto ser consultado sobre mi opinión de este programa

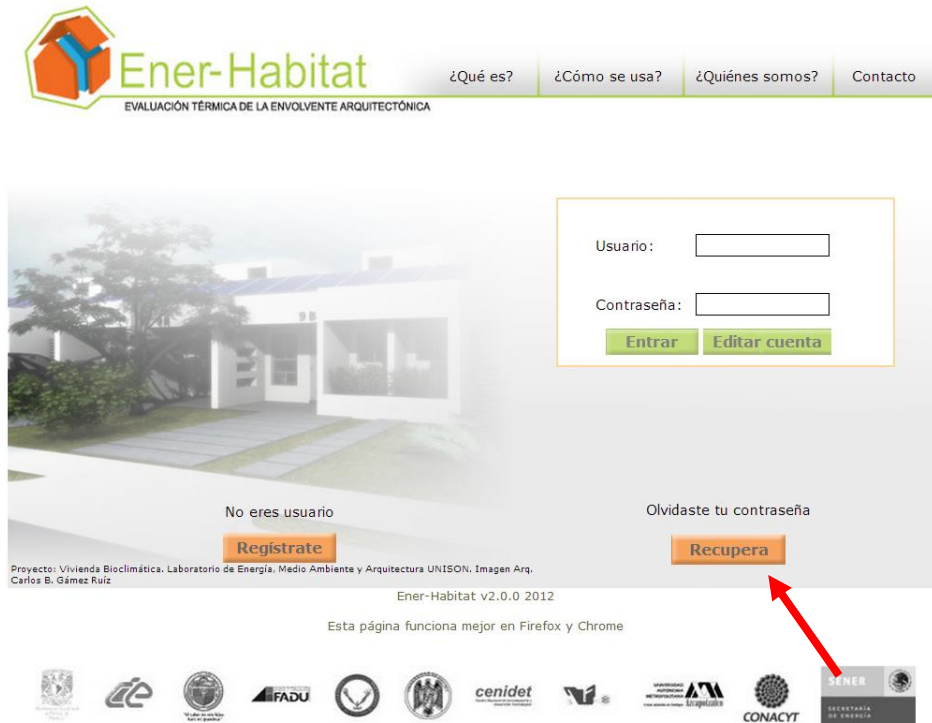
Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



3.3. Recuperación de contraseña

Ener-Habitat permite generar una nueva contraseña en caso que el Usuario olvide la suya. Para ello en el portal de Ener-Habitat se debe presionar el botón **Recupera**.



Ener-Habitat muestra la página de Edición de cuenta, donde solicita el correo electrónico registrado. Al presionar el botón **Enviar** Ener-Habitat enviará una nueva contraseña al correo electrónico registrado recordando también el Usuario. Posteriormente, el Usuario podrá definir una contraseña nueva como se indica en la sección 3.2.



Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



4. Inicio de sesión

En el portal de Ener-Habitat introducir el Usuario y Contraseña previamente registrados y presionar el botón **Entrar**. Se debe recordar que la herramienta es sensible al uso de mayúsculas y minúsculas sólo para la contraseña.

Al entrar a Ener-Habitat, si existen notificaciones nuevas desplegará una ventana con dichas notificaciones. Si se selecciona la casilla de Enterado, Ener-Habitat no volverá a mostrar la notificación mostrada, en caso contrario la desplegará cada vez que se inicie una sesión.



5. Selección del tipo de sistema constructivo

Ener-Habitat permite la evaluación de sistemas constructivos formados por capas homogéneas y algunos sistemas constructivos formados por capas homogéneas y una capa no homogénea.

Una capa homogénea es aquella que tiene un solo material y no tiene huecos de aire. Por ejemplo: la capa de concreto de una losa de concreto, la capa de cualquier acabado, la capa de un material aislante que cubre todo el muro o techo.

Una capa no homogénea es aquella que tiene dos o más materiales o presenta huecos de aire en su interior. Por ejemplo: el bloque hueco de concreto, la vigueta y bovedilla hueca de concreto, la vigueta y bovedilla de poliestireno. Las capas no homogéneas que esta versión de Ener-Habitat puede evaluar son para techos: vigueta y bovedilla simétrica 2 huecos de aire y vigueta y bovedilla simétrica 2 huecos rellenos. Para muros: bloque simétrico de 2 huecos de aire y bloque simétrico de 2 huecos rellenos.

Al entrar a la herramienta, se muestra la ventana de Selección de tipo de sistema constructivo. Se debe seleccionar el tipo de sistema: Sistemas con capas homogéneas (por *default*) o Sistemas con una capa no homogénea.



The screenshot shows the Ener-Habitat web application interface. At the top, there is a navigation menu with links: "¿Qué es?", "¿Cómo se usa?", "¿Quiénes somos?", and "Contacto". The main content area is titled "Selección de tipo de sistema constructivo". It contains two radio button options: "Sistemas con capas homogéneas" (which is selected) and "Sistemas con una capa no homogénea". Below the options is a "Continuar" button. To the left of the selection area, there is explanatory text about homogeneous and non-homogeneous layers. At the bottom of the interface, it says "Ener-Habitat v2.0.0 2012".

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Ener-Habitat permite la evaluación de sistemas constructivos formados por capas homogéneas y algunos sistemas constructivos formados por capas homogéneas y una capa no homogénea.

Una capa homogénea es aquella que tiene un solo material y no tiene huecos de aire. Por ejemplo: la capa de concreto de una losa de concreto, la capa de cualquier acabado, la capa de un material aislante que cubre todo el muro o techo.

Una capa no homogénea es aquella que tiene dos o más materiales o presenta huecos de aire en su interior. Por ejemplo: el bloque hueco de concreto, la vigueta y bovedilla hueca de concreto, la vigueta y bovedilla de poliestireno.

Las capas no homogéneas que esta versión de **Ener-Habitat** puede evaluar son para muros: bloque simétrico de 2 huecos de aire y bloque simétrico de 2 huecos rellenos.

Selección de tipo de sistema constructivo

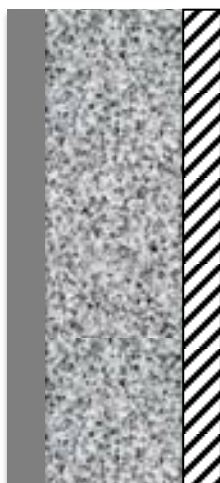
Sistemas con capas homogéneas
 Sistemas con una capa no homogénea

Continuar

Ener-Habitat v2.0.0 2012



Una capa homogénea es aquella que tiene un solo material y no tiene huecos de aire. En la siguiente figura se muestra como ejemplo un sistema constructivo compuesto por tres capas homogéneas.

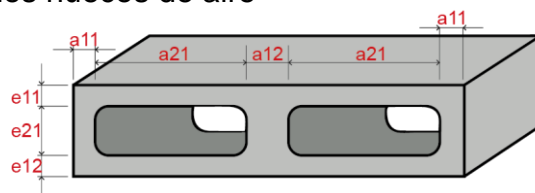


En la opción de sistemas Con capas homogéneas se pueden realizar simultáneamente las evaluaciones de hasta de 5 sistemas constructivos y tarda unos cuantos minutos.

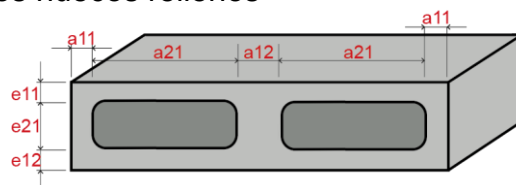
Una capa no homogénea es aquella que tiene dos o más materiales o presenta huecos de aire en su interior. Cuando se selecciona Sistemas con una capa no homogénea, el sistema constructivo puede tener además otras capas homogéneas.

En la versión v2.1.0 Ener-Habitat puede simular muros con una capa no homogénea de los siguientes elementos:

1) Bloque simétrico de dos huecos de aire

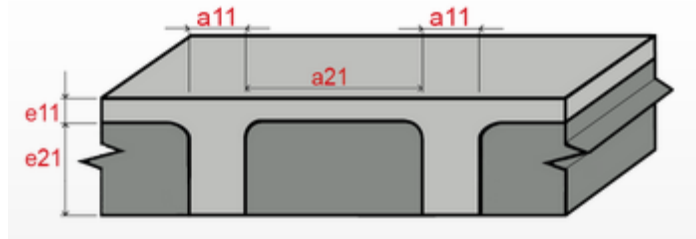


2) Bloque simétrico de dos huecos rellenos



En la versión v2.1.0 Ener-Habitat puede simular techos con una capa no homogénea del siguiente elemento:

1) Vigueta y bovedilla sólida



En la opción de Sistemas con una capa no homogénea, solo se puede realizar la evaluación de un sistema constructivo y puede tardar varias horas. Las simulaciones se llevan a cabo en un servidor, por lo que la sesión puede cerrarse e incluso cerrar el navegador web o apagar la computadora. El programa enviará un mensaje al correo electrónico registrado del usuario para notificar la finalización de la ejecución.

6. Simulación de sistemas constructivos con capas homogéneas

En la ventana de Selección del tipo de sistemas constructivos seleccionar Sistemas con capas homogéneas y presionar el botón **Continuar**.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Ener-Habitat permite la evaluación de sistemas constructivos formados por capas homogéneas y algunos sistemas constructivos formados por capas homogéneas y una capa no homogénea.

Una capa homogénea es aquella que tiene un solo material y no tiene huecos de aire. Por ejemplo: la capa de concreto de una losa de concreto, la capa de cualquier acabado, la capa de un material aislante que cubre todo el muro o techo.

Una capa no homogénea es aquella que tiene dos o más materiales o presenta huecos de aire en su interior. Por ejemplo: el bloque hueco de concreto, la vigueta y bovedilla hueca de concreto, la vigueta y bovedilla de poliestireno.

Las capas no homogéneas que esta versión de **Ener-Habitat** puede evaluar son para muros: bloque simétrico de 2 huecos de aire y bloque simétrico de 2 huecos rellenos.

Selección de tipo de sistema constructivo

Sistemas con capas homogéneas
 Sistemas con una capa no homogénea

Continuar

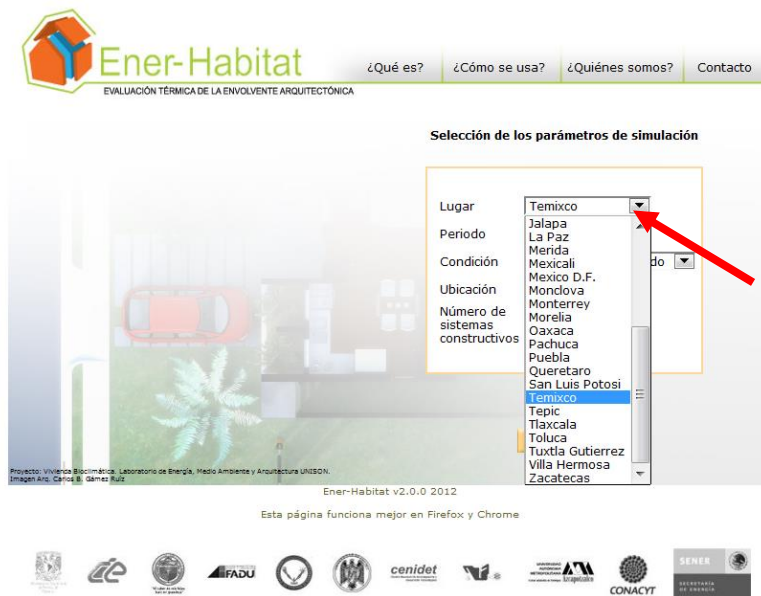
Ener-Habitat v2.0.0 2012

6.1. Selección de parámetros de simulación

Ener-Habitat mostrará la ventana para la Selección de los parámetros de simulación. Lugar, Periodo, Condición, Ubicación, Número de sistemas constructivos. Para cada uno de estos parámetros, Ener-Habitat muestra un menú desplegable.



Lugar. En la versión v2.1.0 Ener-Habitat tiene la información de ubicación y clima de más de 60 ciudades de la República Mexicana.



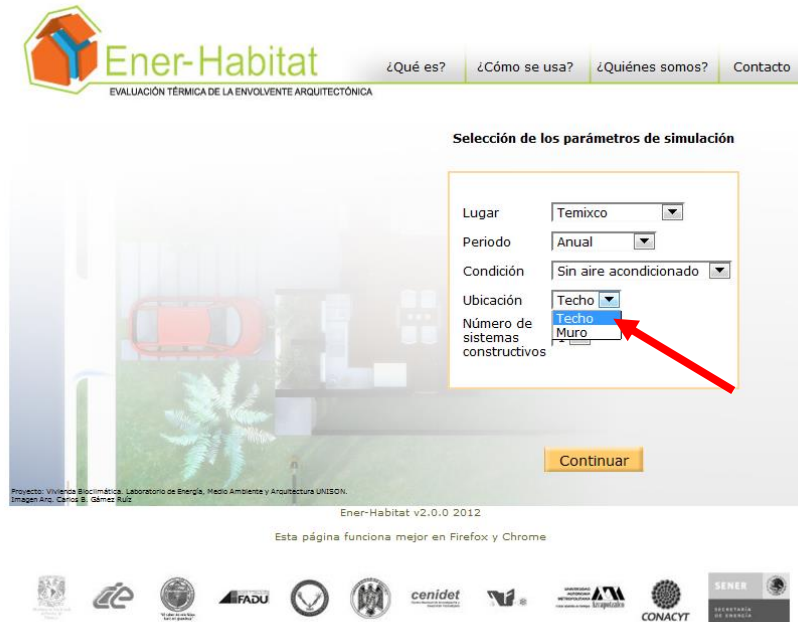
Periodo. Ener-Habitat permite realizar la simulación para todo el año Anual o para un mes específico.



Condición. Se refiere a la condición de uso: Sin aire acondicionado o Con aire acondicionado.



Ubicación. Se refiere a si el (los) sistema(s) constructivo(s) corresponde(n) a techo o a muro de la envolvente arquitectónica.



Número de sistemas constructivos. Ener-Habitat permite seleccionar de 1 a 5 sistemas constructivos para evaluar simultáneamente.



Una vez seleccionados los parámetros de evaluación, presionar el botón **Continuar**.



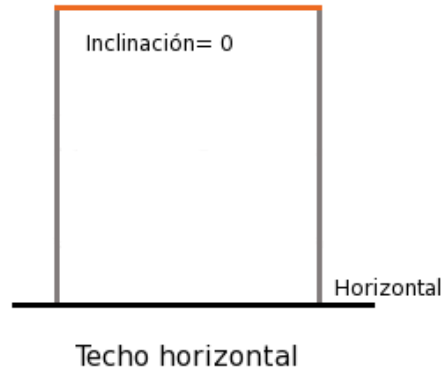
6.2. Definición de la inclinación y la orientación

Ener-Habitat permite simular techos y muros con cualquier inclinación y orientación.

Techo. Si se seleccionó la Ubicación en Techo, Ener-Habitat muestra la siguiente ventana de Definición de la inclinación y la orientación.



Inclinación. El ángulo de inclinación del techo se mide con respecto a la horizontal. Puede tener valores entre 0° y 45°. Un ángulo de inclinación de 0° (por *default*) corresponde a un techo horizontal.



The screenshot shows the Ener-Habitat software interface. At the top left is the logo "Ener-Habitat" with the tagline "EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA". To the right are navigation links: "¿Qué es?", "¿Cómo se usa?", "¿Quiénes somos?", and "Contacto". The main content area is titled "Definición de la inclinación y la orientación". It features a diagram of a horizontal roof labeled "Techo horizontal" and "Inclinación= 0". Below this is a 3D diagram of a building with axes for "Inclinación" (North, East, South, West) and "Orientación". On the right, there is a form for "Techo" with fields for "Inclinación" (set to 0) and "Orientación" (set to Norte). A red arrow points to the "Inclinación" field. A "Continuar" button is located at the bottom right of the form area.

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Orientación. La orientación indica hacia que punto cardinal está inclinado el techo. Ener-Habitat proporciona un menú desplegable donde se escoge entre ocho puntos cardinales: Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste y Noroeste. Si se seleccionó una Inclinación de 0°, la orientación del techo no tiene significado, por lo que cualquier selección que se haga de la Orientación dará los mismos resultados.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Definición de la inclinación y la orientación

Techo

Inclinación: 10 [°]

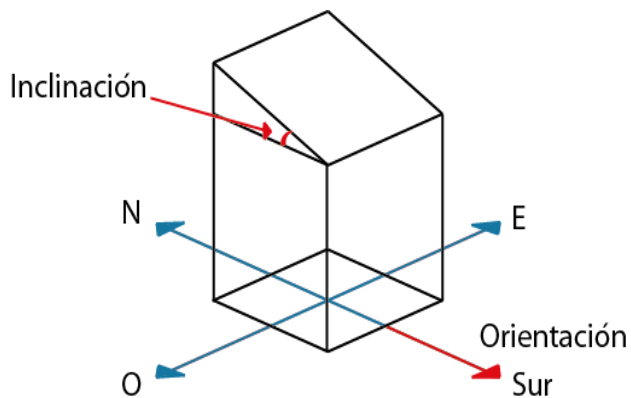
Orientación: Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste, Noroeste

Continuar

Ener-Habitat v2.0.0 2012

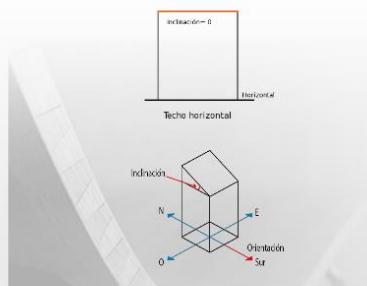
Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome

Logos of partner institutions: FADU, cenidet, CONACYT, SENER.



Una vez definidos la Inclinación y la Orientación del Techo, presionar el botón **Continuar**.

Definición de la inclinación y la orientación



Techo

Inclinación [°]

Orientación

[Continuar](#)

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Muro. Si se seleccionó la Ubicación en Muro, Ener-Habitat muestra la siguiente ventana de Definición de la orientación y la inclinación.

Definición de la inclinación y la orientación



Muro

Orientación

Inclinación [°]

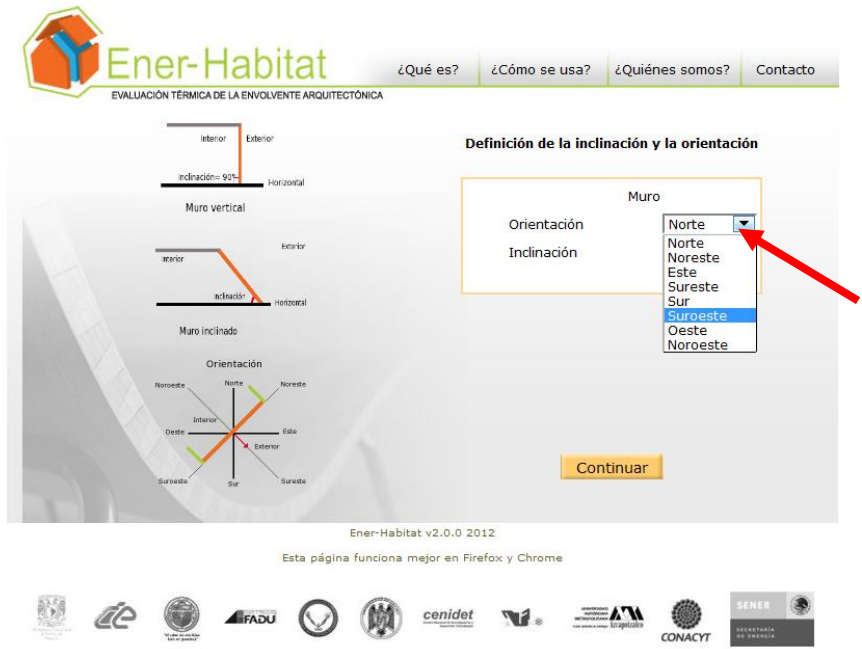
[Continuar](#)

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome

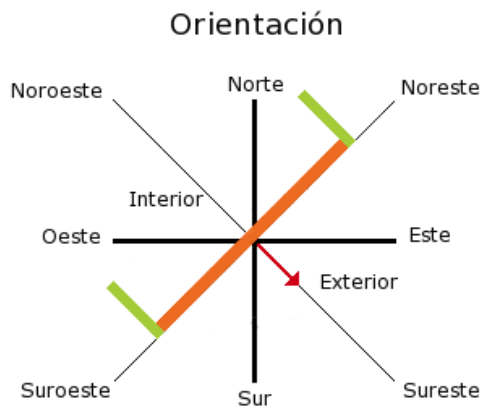
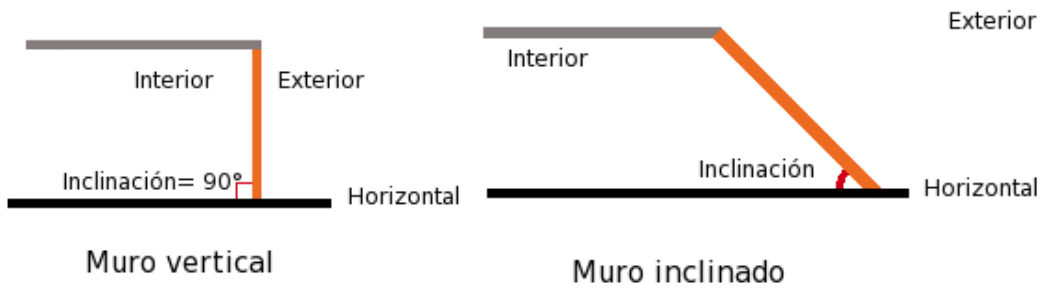


Orientación. La orientación indica hacia que punto cardinal está orientado el muro. Ener-Habitat proporciona un menú desplegable donde se escoge entre ocho puntos cardinales: Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste y Noroeste.



Inclinación. El ángulo de inclinación del muro se mide con respecto a la horizontal, debe tener valores entre 45° y 90° . Un ángulo de inclinación de 90° (por *default*) corresponde a un muro vertical.





Una vez definidos la Inclinación y la Orientación del Muro, presionar el botón **Continuar**.

6.3. Selección del número de capas del sistema constructivo

Para cada sistema constructivo, sea de Techo o de Muro, Ener-Habitat mostrará la ventana de Definición de Número de capas del sistema constructivo. En ella se muestra un menú desplegable, donde se indica si el sistema constructivo está formado por 1 o hasta 7 capas.



Una vez seleccionado el Número de capas del sistema constructivo, presionar el botón Continuar.



6.4. Definición de las capas del sistema constructivo

Ener-Habitat muestra la ventana de Definición de las capas del sistema constructivo.

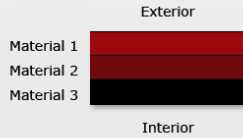
The screenshot shows the 'Definición de las capas del sistema constructivo' window. On the left, there is a text block explaining that layers are defined from exterior to interior, with the first layer specifying thickness, absorptance, and material, while subsequent layers only specify thickness and material. Below this is a diagram of a wall cross-section with three layers, labeled 'Material 1', 'Material 2', and 'Material 3', with 'Exterior' on top and 'Interior' on the bottom. The main area contains three input sections for 'Muro 1', 'Muro 2', and 'Muro 3'. Each section has an 'Espesor' field in meters, a 'Material' dropdown menu (with 'BD' selected), and a radio button for 'ghl'. The 'Absortancia (A)' field is present for the first layer and is set to 0.2. A 'Continuar' button is at the bottom right.



Las capas del sistemas constructivo se describen del exterior hacia el interior. Para la capa exterior se especifica el espesor (Espesor 1), la absortancia (A) y el material (Material 1). Para las demás capas solo el espesor y el material.

Absortancia. Se refiere a la absortancia solar de la superficie exterior del sistema constructivo, su valor se puede introducir de dos maneras, ya sea seleccionando del menú desplegable o introduciendo un valor de 0 a 1 con tres decimales. El menú desplegable muestra valores típicos de absortancia para diferentes materiales de construcción y colores de pinturas.

Las capas del sistemas constructivo se describen del exterior hacia el interior. Para la capa exterior se especifica el espesor (Espesor 1) en metros, la absorptancia y el material. Para las demás capas solo el espesor y el material. Para la definición del material hay dos opciones, elegir el material de una base de datos general BD o de la base de datos del usuario. En la BD, las tres cifras que acompañan al nombre del material indican la conductividad térmica, la densidad y el calor específico, todas en unidades del sistema internacional. Con la opción Agregar se puede introducir un material a la base de datos del usuario, se requiere conocer las tres propiedades físicas mencionadas.



Definición de las capas del sistema constructivo

Espesor 1 [m] Absortancia (A) Muro 1

Material 1 BD Adobe 0.58 1500 1480 ghl prueba 1 100 900

Espesor 2 [m]

Material 2 BD Adobe 0.58 1500 1480 ghl prueba 1 100 900

Espesor 3 [m]

Material 3 BD Adobe 0.58 1500 1480 ghl prueba 1 100 900

- Absortancia de materiales
- Acero 0.45
 - Aluminio oxidado 0.15
 - Aluminio pulido 0.1
 - Asfalto nuevo 0.95
 - Concreto 0.7
 - Concreto claro o adocreto claro 0.6
 - Impermeabilizante o pintura blanca 0.2
 - Impermeabilizante o pintura blanca nueva 0.15
 - Impermeabilizante o pintura negra 0.9
 - Impermeabilizante o pintura mate nueva 0.95
 - Impermeabilizante rojo terracota 0.7
 - Ladrillo rojo 0.65
 - Lámina galvanizada 0.7
 - Lámina galvanizada brillante 0.25
 - Pintura aluminio 0.2
 - Pintura colores claros 0.3
 - Pintura colores intermedios 0.5**
 - Pintura colores oscuros 0.7
 - Recubrimiento elastomérico blanco 0.3
 - Teja roja 0.7

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Espesor. El valor de espesor de cada capa se proporciona en metros [m] con una unidad mínima de 0.0001m y una máxima de 99999m de longitud por capa.

Las capas del sistemas constructivo se describen del exterior hacia el interior. Para la capa exterior se especifica el espesor (Espesor 1) en metros, la absorptancia y el material. Para las demás capas solo el espesor y el material. Para la definición del material hay dos opciones, elegir el material de una base de datos general BD o de la base de datos del usuario. En la BD, las tres cifras que acompañan al nombre del material indican la conductividad térmica, la densidad y el calor específico, todas en unidades del sistema internacional. Con la opción Agregar se puede introducir un material a la base de datos del usuario, se requiere conocer las tres propiedades físicas mencionadas.



Definición de las capas del sistema constructivo

Espesor 1 0.1 [m] Absortancia (A) Muro 1 0.2

Material 1 BD Adobe 0.58 1500 1480 ghl prueba 1 100 900

Espesor 2 [m]

Material 2 BD Adobe 0.58 1500 1480 ghl prueba 1 100 900

Espesor 3 [m]

Material 3 BD Adobe 0.58 1500 1480 ghl prueba 1 100 900

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Material. Para la definición del material Ener-Habitat muestra dos opciones. Se puede seleccionar el material de una base de datos de Ener-Habitat (BD) o de la base de datos del Usuario (nombre del usuario).

La BD se accesa a través de un menú desplegable. Este menú muestra una lista de materiales. Los tres números que acompañan al nombre de cada material indican la conductividad térmica, la densidad y el calor específico, todas en unidades del sistema internacional.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Definición de las capas del sistema constructivo

Las capas del sistemas constructivo se describen del exterior hacia el interior. Para la capa exterior se especifica el espesor (Espesor 1) en metros, la absorptancia y el material. Para las demás capas solo el espesor y el material. Para la definición del material hay dos opciones, elegir el material de una base de datos general BD o de la base de datos del usuario. En la BD, las tres cifras que acompañan al nombre del material indican la conductividad térmica, la densidad y el calor específico, todas en unidades del sistema internacional. Con la opción Agregar se puede introducir un material a la base de datos del usuario, se requiere conocer las tres propiedades físicas mencionadas.

Exterior

Material 1

Material 2

Material 3

Interior

Muro 1

Espesor 1 [m] Absortancia (A)

Material 1 BD gbv

Espesor 2

Material 2 BD gbv

Espesor 3

Material 3 BD gbv

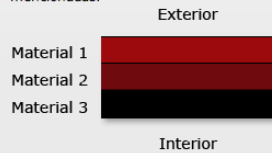
BD Adobe 0.58 1500 1480
Adobe 0.58 1500 1480
Concreto 1.35 1800 1000
Concreto_Aereado 0.12 550 1004
Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000
Corcho 0.04 160 1888
Cuarzo 1.4 2200 750
Madera 0.14 600 1210
BD Mortero 0.88 2800 896
Mortero 0.88 2800 896
PoliestirenoEstandard 0.04 15 1400
PoliestirenoAltaDens 0.035 25 1400
PoliestirenoBajaDens 0.046 10 1400
PVC 0.17 1390 900
Silicon 0.18 700 1004
Tabique 0.7 1970 800
Triplay_Denso 0.15 700 1420
Triplay_Ligero 0.01 560 2500
BD Vermiculita 0.19 700 880
Vermiculita 0.19 700 880
Yeso 0.16 1000 600
gbv acero 45 7850 460

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome

Para utilizar la base de datos del usuario, se deben primero introducir el material y sus propiedades. Se debe seleccionar la opción de la base de datos del usuario y presionar el botón **Accesar**.

Las capas del sistema constructivo se describen del exterior hacia el interior. Para la capa exterior se especifica el espesor (Espesor 1) en metros, la absorptancia y el material. Para las demás capas solo el espesor y el material. Para la definición del material hay dos opciones, elegir el material de una base de datos general BD o de la base de datos del usuario. En la BD, las tres cifras que acompañan al nombre del material indican la conductividad térmica, la densidad y el calor específico, todas en unidades del sistema internacional. Con la opción Agregar se puede introducir un material a la base de datos del usuario, se requiere conocer las tres propiedades físicas mencionadas.



Definición de las capas del sistema constructivo

Muro 1

Espesor 1: [m] Absortancia (A): [m]

Material 1: BD ghl

Espesor 2: [m]

Material 2: BD ghl

Espesor 3: [m]

Material 3: BD ghl

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



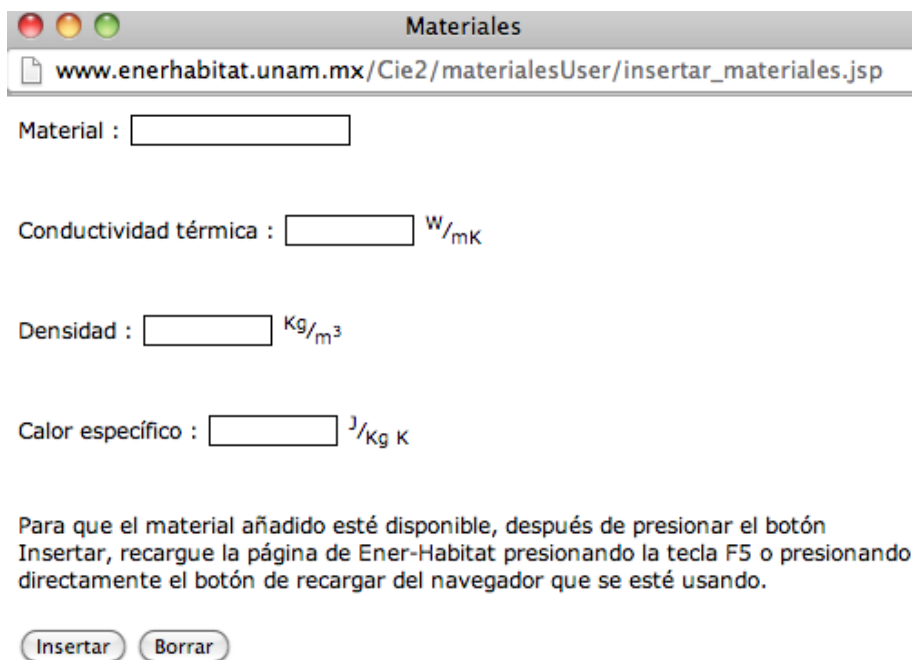
Ener-Habitat muestra la ventana de Materiales registrados. Donde se debe presionar el botón **Insertar**.

Ener-Habitat

www.enerhabitat.unam.mx/Cie2/materialesUser/consulta_materiales3.jsp

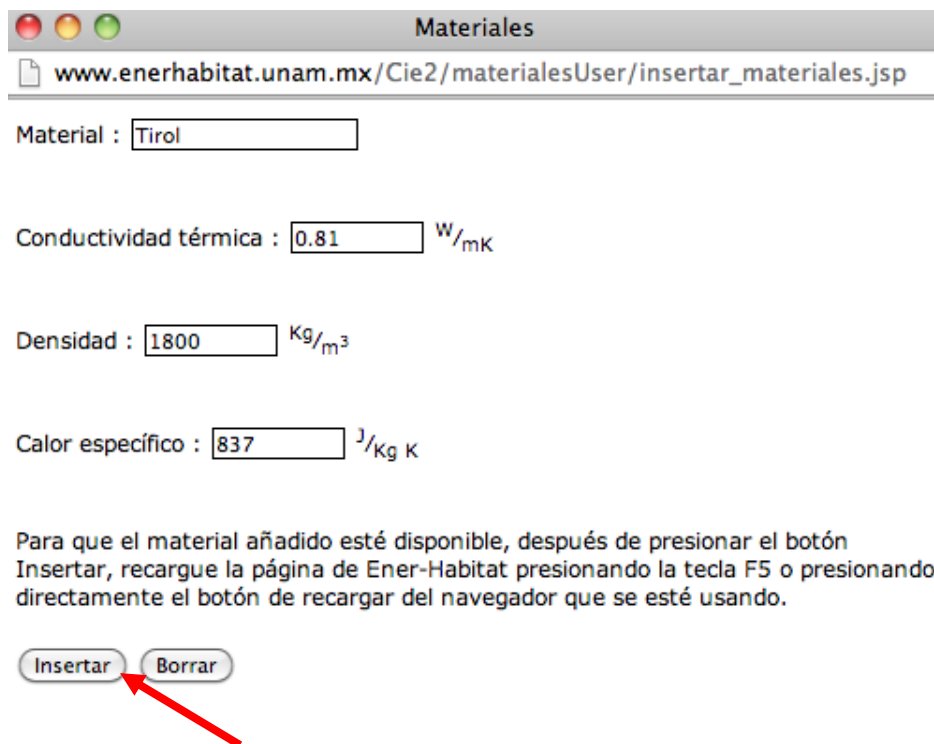
Materiales registrados				
No. Material	Material	Conductividad térmica (W/mK)	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/kgK) *

Ener-Habitat muestra la ventana de Definición de nuevo material.



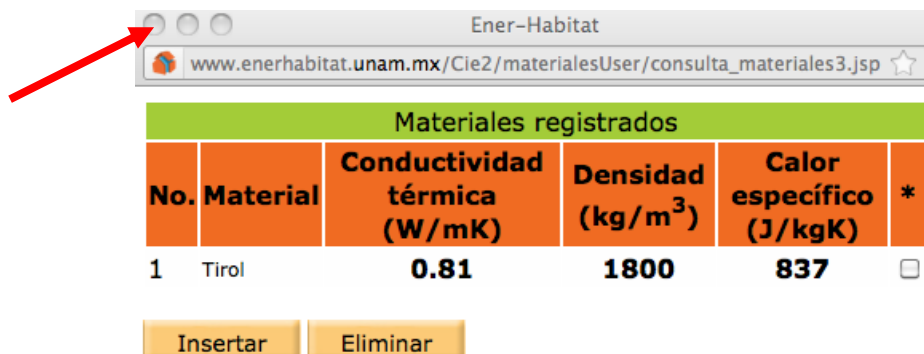
The screenshot shows a web browser window titled "Materiales" with the URL `www.enerhabitat.unam.mx/Cie2/materialesUser/insertar_materiales.jsp`. The form contains four input fields: "Material", "Conductividad térmica" (with unit W/mK), "Densidad" (with unit Kg/m^3), and "Calor específico" (with unit $J/kg K$). Below the fields is a paragraph of instructions: "Para que el material añadido esté disponible, después de presionar el botón Insertar, recargue la página de Ener-Habitat presionando la tecla F5 o presionando directamente el botón de recargar del navegador que se esté usando." At the bottom are two buttons: "Insertar" and "Borrar".

Se introducen el nombre del Material y los valores de la Conductividad térmica en W/mK , de la Densidad en kg/m^3 y el Calor específico en J/kgK . Al terminar presionar el botón **Insertar**.



The screenshot shows the same "Materiales" window, but now the input fields are filled with the following values: "Material" is "Tirol", "Conductividad térmica" is "0.81", "Densidad" is "1800", and "Calor específico" is "837". The instructions paragraph remains the same. A red arrow points to the "Insertar" button.

El material añadido aparecerá en la ventana de Materiales registrados. Esta ventana se puede cerrar.

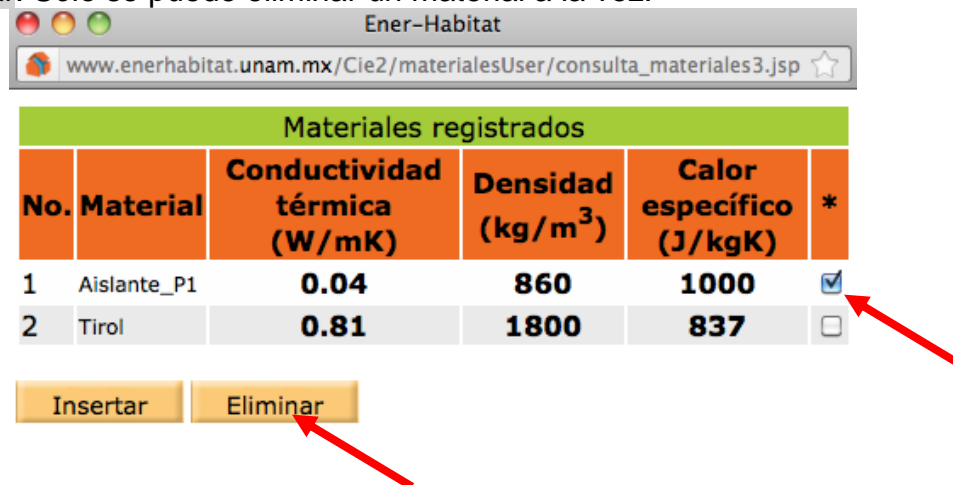


Para que el material añadido esté disponible, se debe recargar la página de Ener-Habitat, esto se hace presionando la tecla F5 o presionando el botón de recargar del navegador. Ener-Habitat mostrará el material añadido en el menú del usuario.

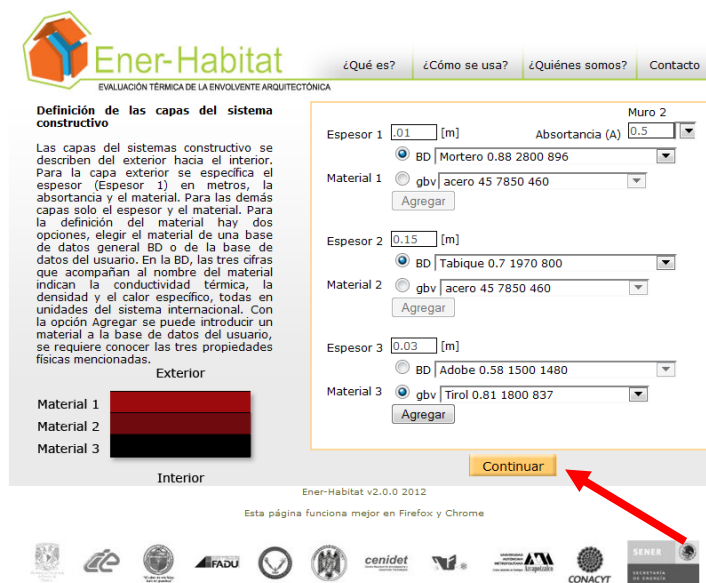


El usuario podrá definir todos los materiales que desee. La base del usuario solo es accesible al usuario.

Para eliminar un material de la base de datos del usuario, seleccionar la base de datos del usuario y presionar el botón **Accesar**. Ener-Habitat muestra la ventana de **Materiales Registrados**. Seleccionar el material que se desea eliminar y presionar el botón **Eliminar**. Sólo se puede eliminar un material a la vez.



Una vez definidos los espesores y materiales de todas las capas y la absorción de la capa exterior, presionar el botón **Continuar**, si hay más sistemas constructivos por definir o el botón **Correr el programa**, si es el último sistema constructivo.



Ener-Habitat mostrará la ventana de Definición de las capas del sistema constructivo

para el Número de sistemas constructivos que se haya definido. Cuando se haya definido los espesores y materiales de todas las capas y la absorción de la capa exterior, del último sistema constructivo, presionar el botón **Correr programa**.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Definición de las capas del sistema constructivo

Las capas del exterior hacia el interior. Para la capa exterior se especifica el espesor (Espesor 1) en metros, la absorción y el material. Para las demás capas solo el espesor y el material. Para la definición del material hay dos opciones, elegir el material de una base de datos general BD o de la base de datos del usuario. En la BD, las tres cifras que acompañan al nombre del material indican la conductividad térmica, la densidad y el calor específico, todas en unidades del sistema internacional. Con la opción Agregar se puede introducir un material a la base de datos del usuario, se requiere conocer las tres propiedades físicas mencionadas.

Exterior

Material 1
Material 2
Material 3

Interior

Muro 3

Espesor 1 [m] Absortancia (A)

Material 1 BD | Mortero 0.88 2800 896 gbv | acero 45 7850 460

Espesor 2 [m]

Material 2 BD | Tabique 0.7 1970 800 gbv | acero 45 7850 460

Espesor 3 [m]

Material 3 BD | Adobe 0.58 1500 1480 gbv | Tirol 0.81 1800 837

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome

Logos of various institutions: UNAM, CENIDET, CONACYT, etc.

Ener-Habitat tardará menos de un minuto en realizar las simulaciones cuando el periodo es un mes en específico y tardará unos pocos minutos cuando las simulaciones se realizan para el Periodo Anual. Mientras realiza los cálculos mostrará una ventana donde indica el número de simulación que realiza/número de simulaciones solicitadas, con botones para **Cerrar sesión** o **Reinicializar**. El botón **Reinicializar** se deberá usar si el usuario quiere interrumpir las simulaciones solicitadas o si por algún fallo, estos cálculos toman mucho tiempo. En este caso, se sugiere reportar el fallo con la hora que sucedió. Una vez que el usuario presiona el botón **Reinicializar**, puede comenzar otra vez.



7. Simulación de sistemas constructivos con una capa no homogénea

En la ventana de Selección del tipo de sistemas constructivos seleccionar Sistemas con una capa no homogénea y presionar el botón **Continuar**.



The screenshot shows the Ener-Habitat software interface. At the top, there is a logo for Ener-Habitat and a navigation menu with links: ¿Qué es?, ¿Cómo se usa?, ¿Quiénes somos?, and Contacto. Below the logo, the text reads: "EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA".

The main content area is titled "Selección de tipo de sistema constructivo". It contains two radio button options: "Sistemas con capas homogéneas" (unselected) and "Sistemas con una capa no homogénea" (selected). A red arrow points to the selected option. Below the options is a yellow "Continuar" button, also indicated by a red arrow.

Text on the left side of the interface explains the types of systems:

- Una capa homogénea** es aquella que tiene un solo material y no tiene huecos de aire. Por ejemplo: la capa de concreto de una losa de concreto, la capa de cualquier acabado, la capa de un material aislante que cubre todo el muro o techo.
- Una capa no homogénea** es aquella que tiene dos o más materiales o presenta huecos de aire en su interior. Por ejemplo: el bloque hueco de concreto, la vigueta y bovedilla hueca de concreto, la vigueta y bovedilla de poliestireno.
- Las capas no homogéneas que esta versión de Ener-Habitat puede evaluar son para muros: bloque simétrico de 2 huecos de aire y bloque simétrico de 2 huecos rellenos.

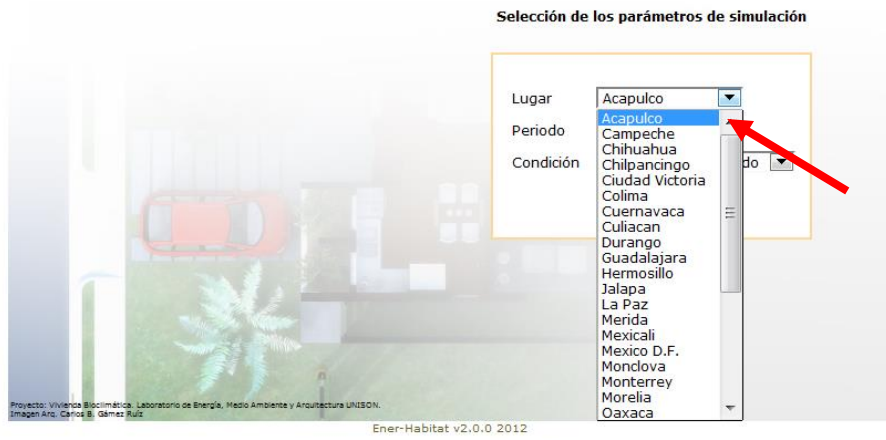
At the bottom of the interface, there is a footer with the text "Ener-Habitat v2.0.0 2012" and a row of logos for various institutions, including FADU, cenidet, and CONACYT.

7.1. Selección de parámetros de simulación

Ener-Habitat mostrará la ventana para la Selección de los parámetros de simulación. Lugar, Periodo, Condición y Ubicación. Al seleccionar un sistema constructivo con una capa no homogénea, el número de sistemas constructivos a analizar es uno debido a que el tiempo de cálculo para cada sistema es de un par de horas. Para cada uno de estos parámetros, Ener-Habitat muestra un menú desplegable.



Lugar. En la versión v2.1.0 Ener-Habitat tiene la información de ubicación y clima de más de 60 ciudades de la República Mexicana.



Periodo. Para sistemas constructivos con una capa no homogénea Ener-Habitat permite realizar la simulación sólo para un mes específico.



Condición. Se refiere a la condición de uso: Sin aire acondicionado o Con aire acondicionado.



Ubicación. Se refiere a si el (los) sistema(s) constructivo(s) corresponde(n) a techo o a muro de la envolvente arquitectónica.



Una vez seleccionados los parámetros de evaluación, presionar el botón **Continuar**.

7.2. Selección del número de capas del sistema constructivo

Para cada sistema constructivo, sea de Techo o de Muro, Ener-Habitat mostrará la ventana de Definición del número de capas del sistema constructivo. En ella se muestra un menú desplegable, donde se indica si el sistema constructivo está formado por 1 o hasta 7 capas. Cualquiera de estas capas podrá ser definida como la capa no homogénea.



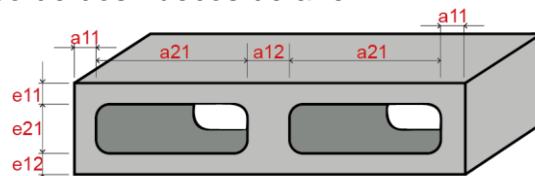
Una vez seleccionado el Número de capas del sistema constructivo, presionar el botón **Continuar**.



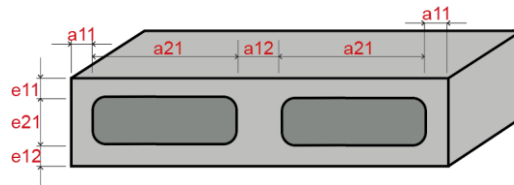
7.3. Definición del tipo de capa no homogénea.

Ener-Habitat v2.0.0 puede simular dos tipos de capa no homogénea de muro y una de techo.

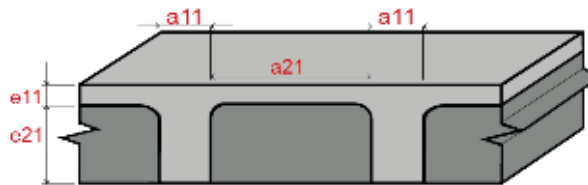
1) Muro: Bloque simétrico de dos huecos de aire



2) Muro: Bloque simétrico de dos huecos rellenos



3) Techo: Vigüeta y bovedilla sólida



Para muro, en la página Selección de tipo de capa no homogénea se selecciona el tipo de capa no homogénea deseado.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Selección del tipo de capa no homogénea

Tipo

e11 [m] a11 [m]
e21 [m] a21 [m]
e12 [m] a12 [m]

Material BD
Bloque gbv Agregar

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Si se selecciona Bloque simétrico 2 huecos aire, se muestra el esquema de dicho bloque con un campo a llenar para las dimensiones del mismo.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Selección del tipo de capa no homogénea

Tipo:

e11: [m] a11: [m]
 e21: [m] a21: [m]
 e12: [m] a12: [m]

Material Bloque: BD gbv

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Se selecciona el material del que está compuesto el bloque de la base de datos de Ener-Habitat (BD) o de la base de datos del Usuario.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Selección del tipo de capa no homogénea

Tipo:

e11: [m] a11: [m]
 e21: [m] a21: [m]
 e12: [m] a12: [m]

Material Bloque: BD gbv

- Adobe 0.58 1500 1480
- Concreto 1.35 1800 1000
- Concreto Aereado 0.12 550 1004
- Concreto Alta Densidad 2 2400 1000**
- Corcho 0.04 160 1888
- Cuarzo 1.4 2200 750
- Madera 0.14 600 1210
- Mortero 0.88 2800 896
- PoliestrenEstandard 0.04 15 1400
- PoliestrenoAltaDens 0.035 25 1400
- PoliestrenoBajaDens 0.046 10 1400
- PVC 0.17 1390 900
- Silicon 0.18 700 1004
- Tabique 0.7 1970 800
- Triplay_Denso 0.15 700 1420
- Triplay_Ligero 0.01 560 2500
- Vermiculita 0.19 700 880
- Yeso 0.16 1000 600

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Se indican los materiales del bloque y el material de relleno usando la base de datos de Ener-Habitat (BD) o la base de datos del Usuario.

The screenshot shows the 'Selección del tipo de capa no homogénea' (Selection of non-homogeneous layer type) screen in the Ener-Habitat software. On the left, there is a 3D diagram of a 'Bloque simétrico 2 huecos relleno' (Symmetrical 2-hole filled block) with dimensions labeled: a_{11} (total width), a_{21} (width of each hole), a_{12} (width of the central section), e_{11} , e_{21} , and e_{12} (heights). The main form contains the following fields:

- Tipo:** Bloque simétrico 2 huecos relleno (dropdown menu)
- Dimensions:** e_{11} [0.02] [m], a_{11} [0.02] [m], e_{21} [0.12] [m], a_{21} [0.10] [m], e_{12} [0.02] [m], a_{12} [0.02] [m]
- Material Bloque:** BD Concreto_Alta_Densidad, gbv acero 45 7850 460 [Agregar]
- Material Relleno:** BD Adobe 0.58 1500 1480, gbv aislante 0.02 17 14 [Agregar]
- Continuar** (button)

At the bottom, it says 'Ener-Habitat v2.0.0 2012' and 'Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome'. A row of logos for various institutions is visible at the bottom.

Una vez definido el tipo de capa no homogénea, las dimensiones, y los materiales del bloque y el material de relleno, se presiona el botón **Continuar**.

This screenshot is identical to the one above, showing the configuration for a non-homogeneous layer type. A red arrow points to the 'Continuar' button at the bottom of the form.

Para techo, en la página Selección de tipo de capa no homogénea se selecciona el tipo de capa no homogénea deseado. En la versión 2.0.0 Ener-Habitat para techo solo permite hacer la simulación del sistema de vigueta y bovedilla sólida.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Selección del tipo de capa no homogénea

Tipo: Doble losa rellena

e11 [] [m] a11 [] [m]
e21 [] [m] a21 [] [m]

Material BD Adobe 0.58 1500 1480
Losa gh prueba 1 100 900

Material BD Adobe 0.58 1500 1480
Relleno gh prueba 1 100 900

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



En esa página, se indican las dimensiones.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Selección del tipo de capa no homogénea

Tipo: Doble losa rellena

e11 0.05 [m] a11 0.07 [m]
e21 0.15 [m] a21 0.25 [m]

Material BD Adobe 0.58 1500 1480
Losa gh prueba 1 100 900

Material BD Adobe 0.58 1500 1480
Relleno gh prueba 1 100 900

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Se indican los materiales de la vigueta (y losa) y de la bovedilla sólida usando la base de datos de Ener-Habitat (BD) o la base de datos del Usuario.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Selección del tipo de capa no homogénea

Tipo: Doble losa rellena

e11: 0.05 [m] a11: 0.07 [m]
e21: 0.15 [m] a21: 0.25 [m]

Material Losa: BD Concreto_Alta_Densida gh prueba 1 100 900 Agregar

Material Relleno: BD PoliestirenEstandard 0.1 gh prueba 1 100 900 Agregar

Continuar

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Una vez definido el tipo de capa no homogénea, las dimensiones, y los materiales, se presiona el botón **Continuar**.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Selección del tipo de capa no homogénea

Tipo: Doble losa rellena

e11: 0.05 [m] a11: 0.07 [m]
e21: 0.15 [m] a21: 0.25 [m]

Material Losa: BD Concreto_Alta_Densida gh prueba 1 100 900 Agregar

Material Relleno: BD PoliestirenEstandard 0.1 gh prueba 1 100 900 Agregar

Continuar

Ener-Habitat v2.0.0 2012

7.4. Definición de la inclinación y la orientación.

Al seleccionar Muro, Bloque simétrico 2 huecos aire, Ener-Habitat sólo permite definir la orientación, que puede ser cualquiera de las 8 orientaciones mostradas en el menú desplegable de la página definición de la orientación. La inclinación del muro está fija a 90 grados. Seleccionar la orientación y presionar el botón Continuar.

The screenshot shows the 'Definición de la inclinación' (Definition of inclination) screen in the Ener-Habitat software. The interface includes the following elements:

- Logo and Navigation:** The Ener-Habitat logo is at the top left, with navigation links for '¿Qué es?', '¿Cómo se usa?', '¿Quiénes somos?', and 'Contacto'.
- Diagram 1:** A diagram showing a vertical wall with 'Interior' on the left and 'Exterior' on the right. The inclination is labeled as 'Inclinación= 90°' and 'Horizontal'. Below it, the text 'Muro vertical' is displayed.
- Diagram 2:** A compass rose diagram titled 'Orientación' showing eight directions: Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste, and Noroeste. The 'Interior' and 'Exterior' sides are indicated relative to the wall's orientation.
- Form:** A dropdown menu for 'Orientación' is open, showing the following options: Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur (highlighted in blue), Suroeste, Oeste, and Noroeste. A red arrow points to this menu.
- Buttons:** A 'Continuar' button is located at the bottom right of the form area.
- Footer:** The text 'Ener-Habitat v2.0.0 2012' and 'Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome' is at the bottom.
- Logos:** A row of logos for various institutions is at the very bottom, including SENER, CONACYT, and others.

Al seleccionar Muro, Bloque simétrico 2 huecos relleno, Ener-Habitat muestra la página definición de la inclinación y la orientación.

The screenshot shows the 'Definición de la inclinación y la orientación' (Definition of inclination and orientation) screen in the Ener-Habitat software. The interface includes the following elements:

- Logo and Navigation:** The Ener-Habitat logo is at the top left, with navigation links for '¿Qué es?', '¿Cómo se usa?', '¿Quiénes somos?', and 'Contacto'.
- Diagram 1:** A diagram showing a vertical wall with 'Interior' on the left and 'Exterior' on the right. The inclination is labeled as 'Inclinación= 90°' and 'Horizontal'. Below it, the text 'Muro vertical' is displayed.
- Diagram 2:** A diagram showing an inclined wall with 'Interior' on the left and 'Exterior' on the right. The inclination is labeled as 'Inclinación' and 'Horizontal'.
- Diagram 3:** A compass rose diagram titled 'Orientación' showing eight directions: Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste, and Noroeste. The 'Interior' and 'Exterior' sides are indicated relative to the wall's orientation.
- Form:** Two input fields are present: 'Orientación' with a dropdown menu set to 'Norte', and 'Inclinación' with a text box containing '90' and a degree symbol '°'.
- Buttons:** A 'Continuar' button is located at the bottom right of the form area.
- Footer:** The text 'Ener-Habitat v2.0.0 2012' and 'Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome' is at the bottom.
- Logos:** A row of logos for various institutions is at the very bottom, including SENER, CONACYT, and others.

Se selecciona la orientación.

The screenshot shows the 'Ener-Habitat' software interface. At the top, there is a navigation menu with links: '¿Qué es?', '¿Cómo se usa?', '¿Quiénes somos?', and 'Contacto'. Below the menu, the title 'Ener-Habitat' is displayed in green, followed by the subtitle 'EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA'. The main content area is titled 'Definición de la inclinación y la orientación'. On the left, there are three diagrams illustrating wall types: 'Muro vertical' (vertical wall), 'Muro inclinado' (inclined wall), and 'Orientación' (orientation). The 'Orientación' diagram shows a compass rose with eight directions: Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste, and Noroeste. On the right, there are two dropdown menus. The 'Orientación' dropdown is set to 'Norte', and the 'Inclinación' dropdown is set to 'Este'. A red arrow points to the 'Este' option in the 'Inclinación' dropdown. Below the dropdowns is a 'Continuar' button. At the bottom of the interface, it says 'Ener-Habitat v2.0.0 2012' and 'Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome'.

Se selecciona la inclinación dando un valor entre 45° y 90°.

The screenshot shows the 'Ener-Habitat' software interface, similar to the previous one. The 'Definición de la inclinación y la orientación' section is active. The 'Orientación' dropdown is still set to 'Norte'. The 'Inclinación' dropdown is now a text input field containing the value '80'. A red arrow points to the '80' value in the input field. The 'Continuar' button is still visible at the bottom. The footer text 'Ener-Habitat v2.0.0 2012' and 'Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome' is also present.

Una vez definida la orientación y la inclinación se presiona el botón Continuar.

Al seleccionar Techo, Vigüeta y bovedilla sólida, Ener-Habitat permite definir la orientación y la inclinación del techo. La orientación puede ser cualquiera de las 8 orientaciones mostradas en el menú desplegable de la página definición de la orientación. Después de seleccionar la orientación y la inclinación, presionar el botón Continuar.



7.5. Definición de las capas del sistema constructivo.

En la página definición de las capas del sistema constructivo se indica la posición de la capa no homogénea, y la posición y material de las capas homogéneas, en caso de existir. Por default Ener-Habitat selecciona a la capa exterior como la capa no homogénea, las capas están enlistadas de exterior a interior.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Definición de las capas del sistema constructivo

Muro

Capa no homogénea Absortancia (A) 0.2

Capa no homogénea

 Espesor 2 [m]

 Material 2 BD Adobe 0.58 1500 1480

gh prueba 1 100 900 Agregar

Capa no homogénea

 Espesor 3 [m]

 Material 3 BD Adobe 0.58 1500 1480

gh prueba 1 100 900 Agregar

Correr programa

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Se selecciona la posición de la capa no homogénea.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Definición de las capas del sistema constructivo

Muro

Capa no homogénea

 Espesor 1 [m] Absortancia (A) 0.2

 Material 1 BD Adobe 0.58 1500 1480

gh prueba 1 100 900 Agregar

Capa no homogénea

Capa no homogénea

 Espesor 3 [m]

 Material 3 BD Adobe 0.58 1500 1480

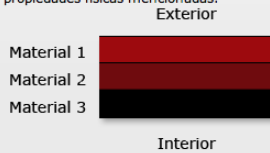
gh prueba 1 100 900 Agregar

Correr programa

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Se define la absortancia de la capa exterior y los espesores y materiales de las capas homogéneas. Los materiales se pueden seleccionar de la base de datos de Ener-Habitat (BD) o de la base de datos del Usuario.

Las capas del sistemas constructivo se describen del exterior hacia el interior. Para la capa exterior se especifica el espesor (Espesor 1) en metros, la absorptancia y el material. Para las demás capas solo el espesor y el material. Para la definición del material hay dos opciones, elegir el material de una base de datos general BD o de la base de datos del usuario. En la BD, las tres cifras que acompañan al nombre del material indican la conductividad térmica, la densidad y el calor específico, todas en unidades del sistema internacional. Con la opción Agregar se puede introducir un material a la base de datos del usuario, se requiere conocer las tres propiedades físicas mencionadas.



Definición de las capas del sistema constructivo

Muro

Capa no homogénea

Espesor 1 [m] Absortancia (A)

Material 1 BD gh

Capa no homogénea

Capa no homogénea

Espesor 3 [m]

Material 3 BD gh

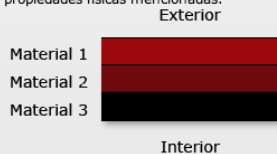
Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Una vez definida la ubicación de la capa no homogénea, los espesores de las capas homogéneas y sus respectivos materiales, se presiona el botón **Correr programa**.

Las capas del sistemas constructivo se describen del exterior hacia el interior. Para la capa exterior se especifica el espesor (Espesor 1) en metros, la absorptancia y el material. Para las demás capas solo el espesor y el material. Para la definición del material hay dos opciones, elegir el material de una base de datos general BD o de la base de datos del usuario. En la BD, las tres cifras que acompañan al nombre del material indican la conductividad térmica, la densidad y el calor específico, todas en unidades del sistema internacional. Con la opción Agregar se puede introducir un material a la base de datos del usuario, se requiere conocer las tres propiedades físicas mencionadas.



Definición de las capas del sistema constructivo

Muro

Capa no homogénea

Espesor 1 [m] Absortancia (A)

Material 1 BD gh

Capa no homogénea

Capa no homogénea

Espesor 3 [m]

Material 3 BD gh

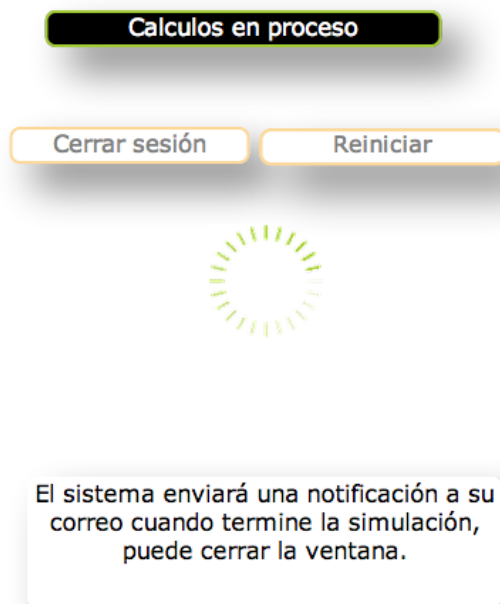
Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Ener-Habitat tardará varias horas, incluso días en realizar las simulaciones. Mientras realiza los cálculos mostrará una ventana donde indica que los cálculos están en progreso, con botones para **Cerrar sesión** o **Reinicializar**. El botón **Reinicializar** se deberá usar si el usuario quiere interrumpir las simulaciones solicitadas o si por algún

fallo, estos cálculos toman más de cuatro días. En este caso, se sugiere reportar el fallo con la hora que sucedió. Una vez que el usuario presiona el botón **Reinicializar**, puede comenzar otra vez. Cuando termina la simulación, el sistema envía una notificación al correo registrado, el usuario puede cerrar la ventana del navegador, e incluso apagar su computadora. Los cálculos se realizan en el servidor de Ener-Habitat.

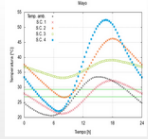
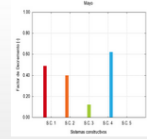


8. Entrega de resultados

Cuando Ener-Habitat ha terminado de realizar las simulaciones, muestra la ventana de Resultados. Esta ventana tiene una estructura similar para todas las condiciones de simulación. En la parte superior se muestran algunos resultados en forma gráfica, en la parte de en medio, se presentan dos tablas con las condiciones en que se realizó la simulación y en la parte inferior hay botones para realizar diferentes acciones.

Resultados

El mejor sistema constructivo es aquel que presenta el menor Factor de Decremento.

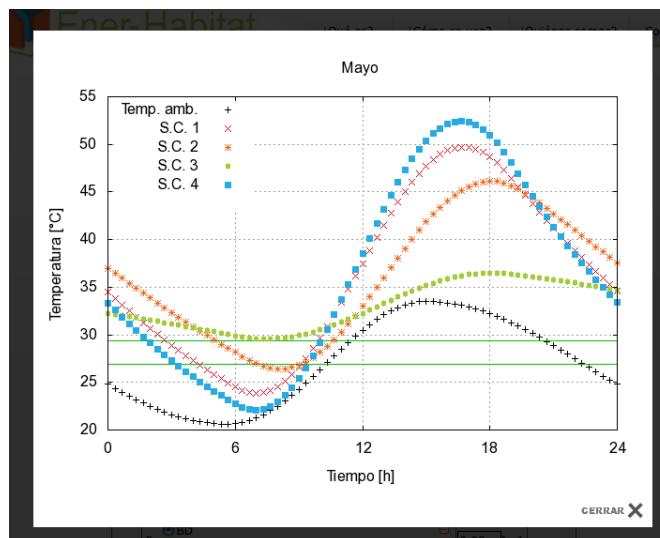
Lugar	Periodo	Condición	Techo	Orientación	Inclinación
Temixco	Mayo	Sin aire acondicionado	Techo	Norte	0 [°]

S.C.	Material	Espesor	A
1	BD Concreto_Alta_Den	0.2	
	gbv acero 45 7850 46C	0.1 [m]	
2	BD Adobe 0.58 1500 1	0.7	
	gbv acero 45 7850 46C	0.1 [m]	
3	BD PoliestirenEstandar	0.7	
	gbv acero 45 7850 46C	0.02 [m]	
4	BD Concreto_Alta_Den	0.7	
	gbv acero 45 7850 46C	0.08 [m]	
5	BD Concreto_Alta_Den	0.7	
	gbv acero 45 7850 46C	0.08 [m]	
6	BD PoliestirenEstandar	0.7	
	gbv acero 45 7850 46C	0.02 [m]	

[Correr programa](#)
[Descargar archivo](#)
[Iniciar](#)
[Cerrar sesión](#)

Ener-Habitat v2.0.0 2012

En la parte superior de la ventana de Resultados se muestran algunos resultados obtenidos en forma gráfica. Para ver con más detalle una gráfica se puede hacer *click* con el *mouse* sobre la gráfica, dicha gráfica se desplegará en una ventana emergente.



Los resultados dependen del Periodo y de la Condición seleccionados. En las secciones 8.1. a 8.4. se describen los resultados de acuerdo a los parámetros seleccionados.

En la parte media de la ventana de Resultados se presenta una tabla con las parámetros en que fueron realizadas las simulaciones.

En la parte inferior se encuentran cuatro botones. El botón **Descargar archivos** permite descargar archivos con los resultados obtenidos de las simulaciones. Estos archivos están dentro de una carpeta “dat” y se entregan como un archivo comprimido “nombredelusuario.zip”.

Ener-Habitat
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto

Resultados
El mejor sistema constructivo es aquel que presenta el menor Factor de Decremento.

Temp (°C) vs Tiempo (h) and Factor de Decremento (F) vs Sistema constructivo

Lugar	Periodo	Condición	Orientación	Inclinación
Temixco	Mayo	Sin aire acondicionado	Techo	Norte

S.C.	Material	Espesor	A
1	BD Concreto_Alta_Den	0.2	
	gbv acero 45 7850 46C	0.1 [m]	
2	BD Adobe 0.58 1500 I	0.7	
	gbv acero 45 7850 46C	0.1 [m]	
3	BD PoliestirenEstandar	0.7	
	gbv acero 45 7850 46C	0.02 [m]	
4	BD Concreto_Alta_Den	0.08 [m]	
	gbv acero 45 7850 46C	0.08 [m]	
4	BD Concreto_Alta_Den	0.7	
	gbv acero 45 7850 46C	0.08 [m]	
4	BD PoliestirenEstandar	0.7	
	gbv acero 45 7850 46C	0.02 [m]	

Correr programa Descargar archivo Iniciar Cerrar sesión

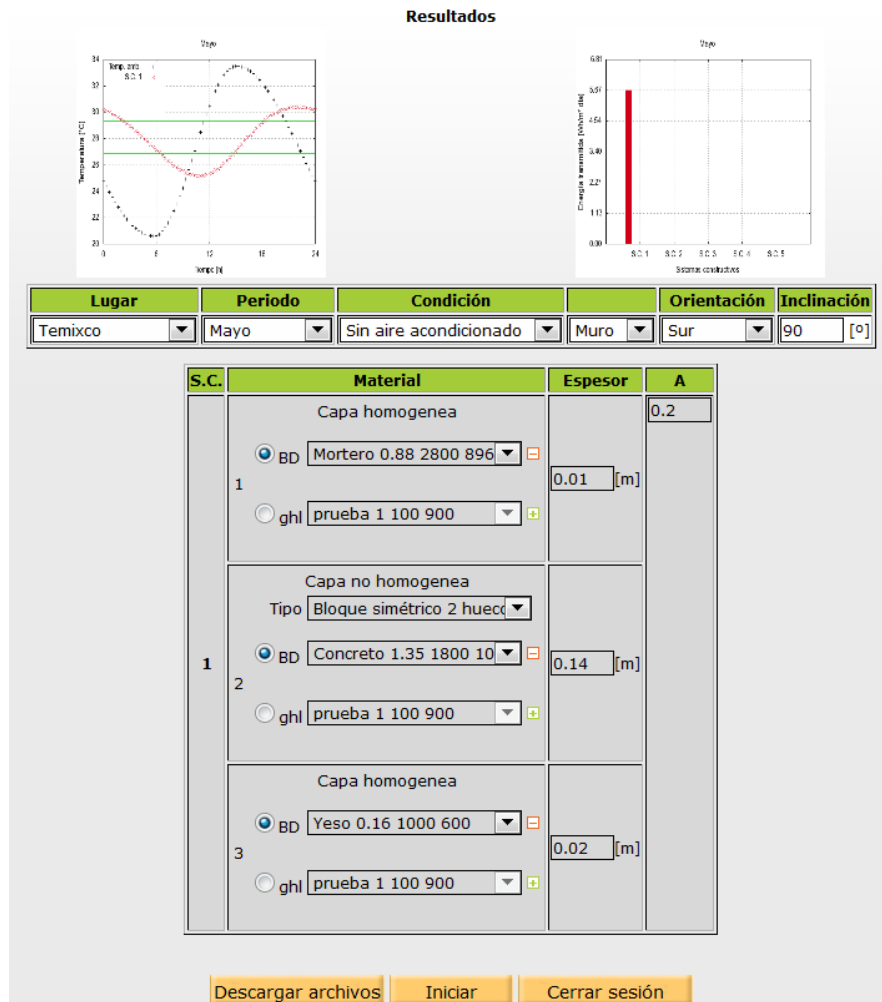
Ener-Habitat v2.0.0 2012

La tabla además de recordar los parámetros en que fueron realizadas las simulaciones permite cambiar los valores de varios de los parámetros y volver a correr el programa.

No se puede cambiar el Tipo de sistema constructivo (Sistemas con capas homogéneas y Sistema con una capa no homogénea). Si se desea cambiar esto se debe iniciar el programa, para ello se debe presionar el botón **Iniciar**.

Para cerrar la sesión de Ener-Habitat y que cuando se inicie una nueva sesión de Ener-

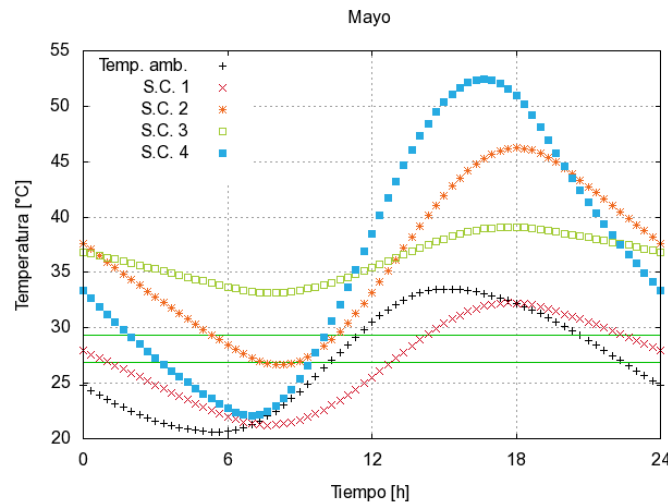
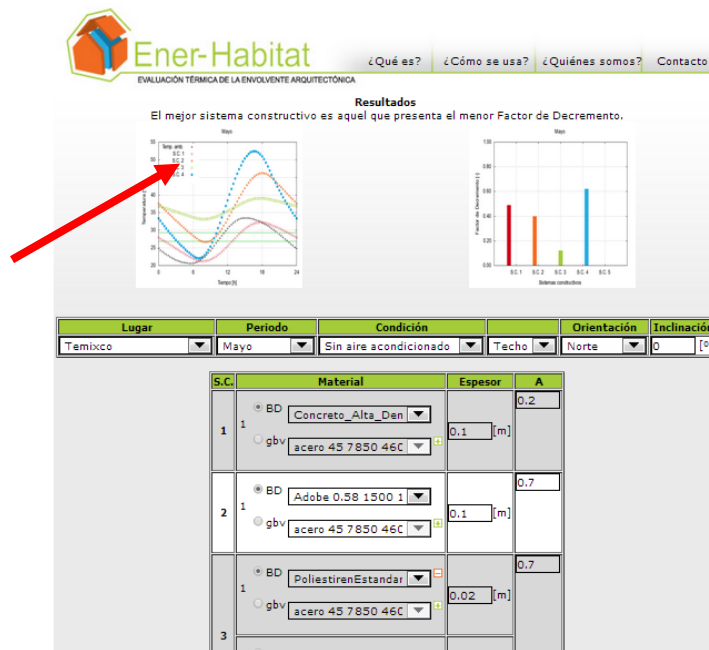
Habitat se muestre la página de Resultados de la última sesión se puede presionar el botón **Cerrar sesión** o dar un *clic* del *mouse* al logo de Ener-Habitat.



8.1. Sin aire acondicionado simulación mensual

Cuando las simulaciones se realizaron para la Condición Sin aire acondicionado en Periodo de un mes específico, en el lado izquierdo de la ventana de Resultados se muestra la gráfica de temperatura del aire al interior en °C para cada sistema constructivo (S.C. número) como función de la hora en el día típico del mes. En dicha gráfica se incluye la temperatura del aire al exterior (Temp. Amb.). Entre dos líneas

horizontales verdes se muestra la zona de confort térmico obtenido del modelo de temperatura de neutralidad adaptativa de Humphreys y Nicol¹ tomando la amplitud de la zona de confort de acuerdo a la propuesta de Morillón².



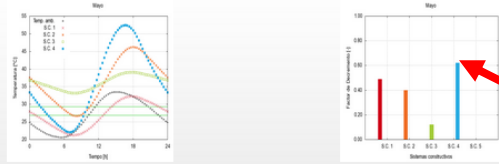
En el lado derecho se muestra una gráfica del factor de decremento durante el día típico del mes de cada sistema constructivo. El factor de decremento, toma en cuenta la absorptancia del material y la radiación solar global incidente sobre el sistema constructivo, y no tiene dimensiones. El factor de decremento es un valor entre 0 y 1. El mejor sistema constructivo es aquel que presenta el menor factor de decremento.

¹ Humphreys, M. A. y Nicol, F. J., "Outdoor temperature and indoor thermal comfort-raising the precision of the relationship for the 1998 ASHRAE database files studies", ASHRAE Transactions, 106 (2), 2000, p. 485-492.

² Morillón, D. 2004, Atlas del bioclima de México, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, D.F.

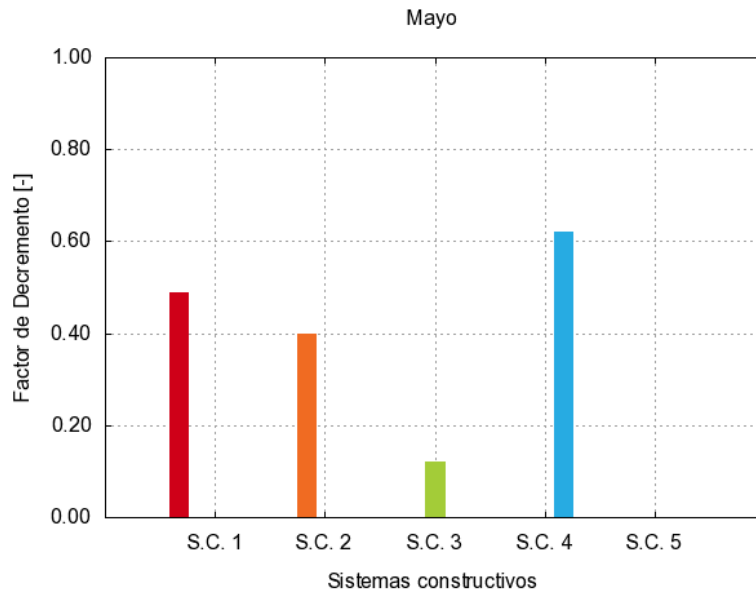
Resultados

El mejor sistema constructivo es aquel que presenta el menor Factor de Decremento.



Lugar	Periodo	Condición	Orientación	Inclinación
Temixco	Mayo	Sin aire acondicionado	Techo	Norte

S.C.	Material	Espesor	A
1	BD Concreto_Alta_Den	0.1 [m]	0.2
	gbv acero 45 7850 46C		
2	BD Adobe 0.58 1500 1	0.1 [m]	0.7
	gbv acero 45 7850 46C		
3	BD PoliestirenEstandar	0.02 [m]	0.7
	gbv acero 45 7850 46C		

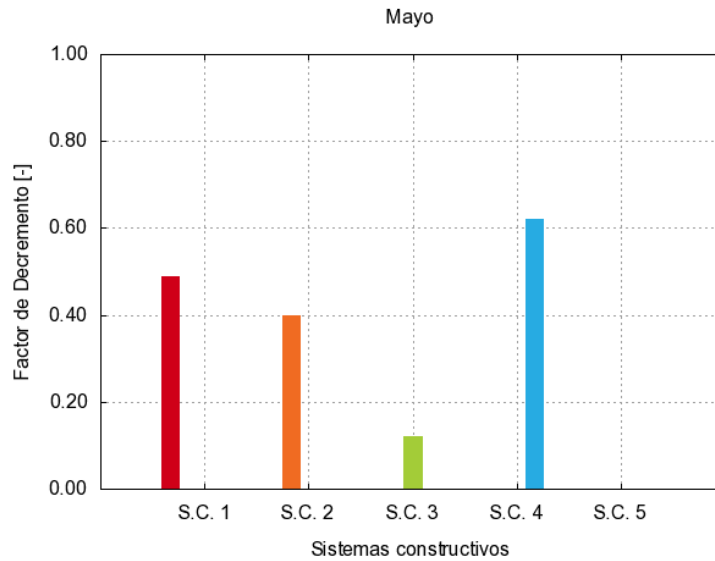


Con el botón **Descargar archivos** se obtiene un archivo comprimido “nombredelusuario.zip”. Al descomprimirse se obtiene una carpeta “dat” que contiene cuatro archivos:

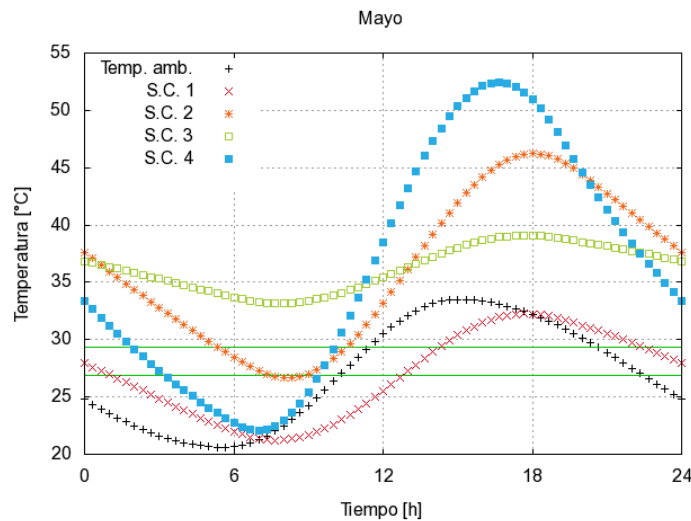
- sin_aa_resultados_Nombredelmes_nombredelusuario.png
- sin_aa_resultados_Nombredelmes_nombredelusuario.txt
- sin_aa_temperaturas_Nombredelmes_nombredelusuario.png
- sin_aa_temperaturas_Nombredelmes_nombredelusuario.txt

Los archivos “pgn” contienen las gráficas mostradas en la ventana de Resultados.

Archivo sin_aa_resultados_Nombredelmes_nombredelusuario.png



Archivo sin_aa_temperaturas_Nombredelmes_nombredelusuario.png



Los archivos “txt” contienen resultados en forma de columnas separadas por tabuladores. Estos archivos se pueden importar a hojas de cálculo como excel.

Archivo sin_aa_resultados_Nombredelmes_nombredelusuario.txt

Este archivo tiene 11 columnas con resultados del día típico del mes.

Columna 1 S.C. [-]
 Columna 2 ET [Wh/m² día] Energía transmitida
 Columna 3 FD [-] Factor de decremento
 Columna 4 TR [h] Tiempo de retraso
 Columna 5 <T_{in}> [°C] Temperatura promedio del aire al interior
 Columna 6 T_{inmin} [°C] Temperatura mínima del aire al interior
 Columna 7 T_{inmax} [°C] Temperatura máxima del aire al interior
 Columna 8 IDT_{cal} [-] Índice de desempeño térmico cálido
 Columna 9 IDT_{frio} [-] Índice de desempeño térmico frío
 Columna 10 DDH_{cal} [°C h] Discomfort cálido grado hora
 Columna 11 DDH_{frio} [°C h] Discomfort frío grado hora

Archivo sin_aa_temperaturas_Nombredelmes_nombredelusuario.txt

El número de columnas de este archivo depende del Número de sistemas constructivos simulados. Número de columnas = 4 + 3*Número de sistemas constructivos. Como el número máximo de sistemas constructivos es de 5 (para Sistemas con capas homogéneas) el máximo de columnas es 19.

Columna 1 Hora [h] es la hora del día en formato decimal
 Columna 2 T_a [°C] Temperatura ambiente
 Columna 3 T_n [°C] Temperatura de neutralidad para el mes de acuerdo a modelo de temperatura de neutralidad adaptativa de Humphreys y Nicol³
 Columna 4 DeltaT_n [°C] es la semiamplitud de la zona de confort de acuerdo a la propuesta de Morillón⁴. El límite inferior de la zona de confort se obtiene como T_n-DeltaT_n y el límite superior de la zona de confort se obtiene como T_n+DeltaT_n
 Columna 5 T_{int} [°C] Temperatura del aire al interior obtenida por el Sistema Constructivo 1
 Columna 6 T_{paredint} [°C] Temperatura de la pared al interior obtenida para el Sistema Constructivo 1
 Columna 7 T_{sa} [°C] Temperatura sol-aire correspondiente al Sistema Constructivo 2
 Columna 8 T_{int} [°C] Temperatura del aire al interior obtenida por el Sistema Constructivo 2
 Columna 9 T_{paredint} [°C] Temperatura de la pared al interior obtenida para el Sistema Constructivo 1
 Columna 10 T_{sa} [°C] Temperatura sol-aire correspondiente al Sistema Constructivo 2
 Columna 11 T_{int} [°C] Temperatura del aire al interior obtenida por el Sistema

³ Humphreys, M. A. y Nicol, F. J., "Outdoor temperature and indoor thermal comfort-raising the precision of the relationship for the 1998 ASHRAE database files studies", ASHRAE Transactions, 106 (2), 2000, p. 485-492.

⁴ Morillón, D. 2004, Atlas del bioclima de México, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, D.F.

	Constructivo 3
Columna 12 Tparedint [oC]	Temperatura de la pared al interior obtenida para el Sistema Constructivo 3
Columna 13 Tsa [oC]	Temperatura sol-aire correspondiente al Sistema Constructivo 3
Columna 14 Tint [oC]	Temperatura del aire al interior obtenida por el Sistema Constructivo 4
Columna 15 Tparedint [oC]	Temperatura de la pared al interior obtenida para el Sistema Constructivo 4
Columna 16 Tsa [oC]	Temperatura sol-aire correspondiente al Sistema Constructivo 4
Columna 17 Tint [oC]	Temperatura del aire al interior obtenida por el Sistema Constructivo 5
Columna 18 Tparedint [oC]	Temperatura de la pared al interior obtenida para el Sistema Constructivo 5
Columna 19 Tsa [oC]	Temperatura sol-aire correspondiente al Sistema Constructivo 5

La temperatura sol-aire es la temperatura equivalente del aire ambiente para tomar en cuenta el efecto de la radiación solar y la radiación de onda corta hacia el cielo de la superficie exterior del sistema constructivo⁵.

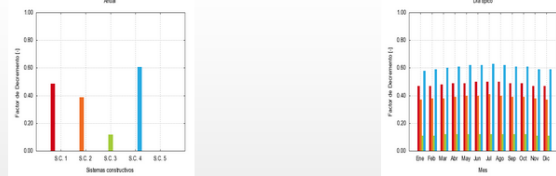
8.2. Sin aire acondicionado simulación anual

Cuando las simulaciones se realizaron para la Condición Sin aire acondicionado en Periodo Anual, en el lado izquierdo de la ventana de Resultados se muestra la gráfica de la energía transmitida por unidad de área durante un año para cada sistema constructivo en kWh/m² año.

⁵ ASHRAE, 2005, Handbook Fundamentals, (SI), American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, página. 30.22.

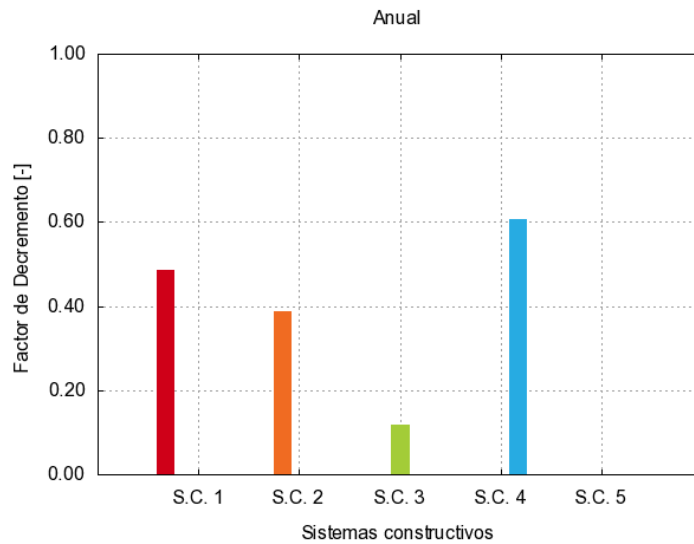
Resultados

El mejor sistema constructivo es aquel que presenta el menor Factor de Decremento.



Lugar	Periodo	Condición	Orientación	Inclinación
Temixco	Anual	Sin aire acondicionado	Techo	Norte

S.C.	Material	Espesor	A
1	BD Concreto_Alta_Densid	0.1 (m)	0.2
	gbv acero 45 7850 460		
2	BD Adobe 0.58 1500 148C	0.1 (m)	0.7
	gbv acero 45 7850 460		
3	BD PoliestrenEstandar C	0.02 (m)	0.7
	gbv acero 45 7850 460		
4	BD Concreto_Alta_Densid	0.08 (m)	
	gbv acero 45 7850 460		



Del lado derecho de la ventana de Resultados se muestra la gráfica del factor de decremento para cada sistema constructivo en el día típico de cada mes.



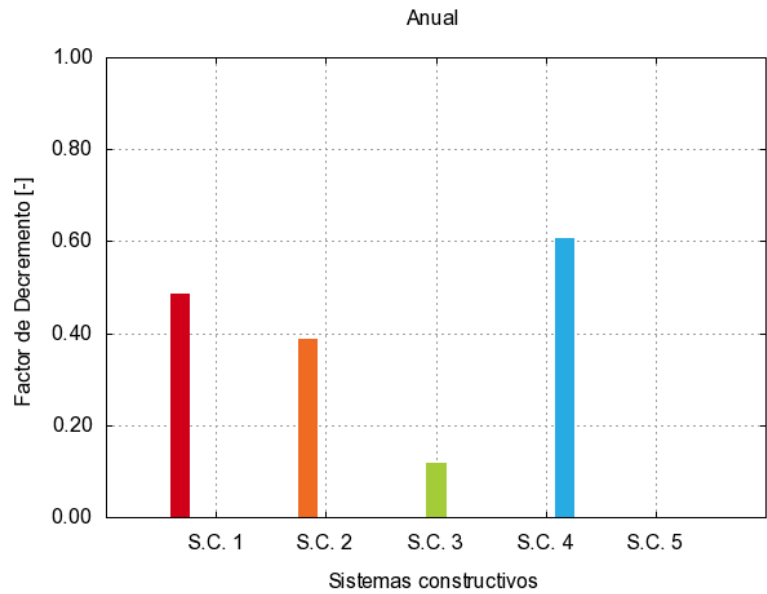
Del lado izquierdo de la ventana de Resultados se muestra la gráfica del factor de decremento para cada sistema constructivo promedio durante todo el año.

Con el botón **Descargar archivos** se obtiene un archivo comprimido "nombredelusuario.zip". Al descomprimirse se obtiene una carpeta "dat" que contiene un número de archivos = 2+2*Número de sistemas constructivos, con un máximo de 12 archivos.

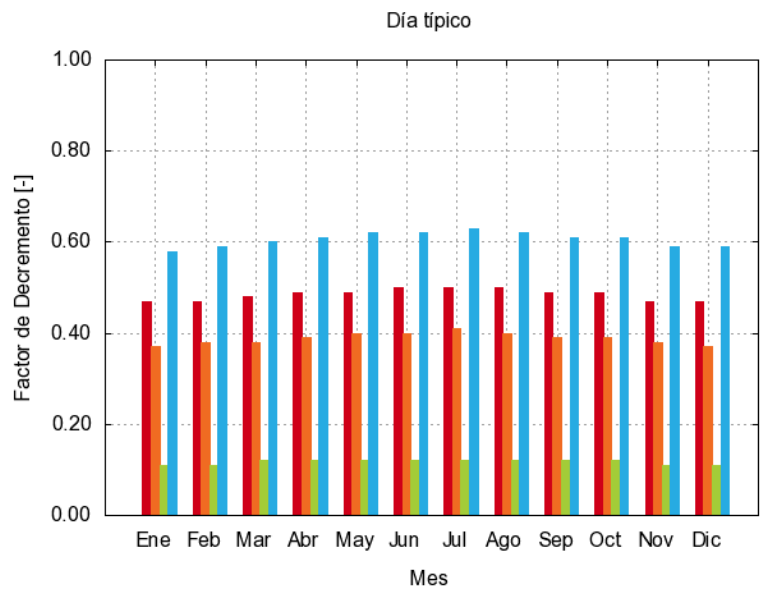
- sin_aa_anual_nombredelusuario.png
- sin_aa_mensual_nombredelusuario.png
- sin_aa_resultados_anuales_sc1_nombredelusuario.txt
- sin_aa_resultados_anuales_sc2_nombredelusuario.txt
- sin_aa_resultados_anuales_sc3_nombredelusuario.txt
- sin_aa_resultados_anuales_sc4_nombredelusuario.txt
- sin_aa_resultados_anuales_sc5_nombredelusuario.txt
- sin_aa_resultados_mensuales_sc1_nombredelusuario.txt
- sin_aa_resultados_mensuales_sc2_nombredelusuario.txt
- sin_aa_resultados_mensuales_sc3_nombredelusuario.txt
- sin_aa_resultados_mensuales_sc4_nombredelusuario.txt
- sin_aa_resultados_mensuales_sc5_nombredelusuario.txt

Los archivos “pgn” contienen las gráficas mostradas en la ventana de Resultados.

Archivo sin_aa_anual_nombredelusuario.png



Archivo sin_aa_mensual_nombredelusuario.png



Los archivos “txt” contienen resultados en forma de columnas separadas por tabuladores. Estos archivos se pueden importar a hojas de cálculo como Excel.

Archivos sin_aa_resultados_anuales_sc#_nombredelusuario.txt

Cada uno de estos archivos tiene 10 columnas que contiene los valores anuales.

Columna 1 ET [Wh/m² año] Energía transmitida anual
Columna 2 FD [-] Factor de decremento promedio anual
Columna 3 TR [h] Tiempo de retraso promedio anual
Columna 4 <Tin> [oC] Temperatura promedio del aire al interior promedio anual
Columna 5 Tinmin [oC] Temperatura mínima del aire al interior promedio anual
Columna 6 Tinmax [oC] Temperatura máxima del aire al interior promedio anual
Columna 7 IDTcal [-] Índice de desempeño térmico cálido promedio anual
Columna 8 IDTfrio [-] Índice de desempeño térmico frío promedio anual
Columna 9 DDHcal [oC h] Discomfort cálido grado hora anual
Columna 10 DDHcal [oC h] Discomfort cálido grado hora anual

Archivos sin_aa_resultados_mensuales_sc#_nombredelusuario.txt

Cada uno de estos archivos tiene 11 columnas que contiene los valores típicos del mes.

Columna 1 Mes [-]
Columna 2 ET [Wh/m² día] Energía transmitida
Columna 3 FD [-] Factor de decremento
Columna 4 TR [h] Tiempo de retraso
Columna 5 <Tin> [oC] Temperatura promedio del aire al interior
Columna 6 Tinmin [oC] Temperatura mínima del aire al interior
Columna 7 Tinmax [oC] Temperatura máxima del aire al interior
Columna 8 IDTcal [-] Índice de desempeño térmico cálido
Columna 9 IDTcal [-] Índice de desempeño térmico frío
Columna 10 DDHcal [oC h] Discomfort cálido grado hora
Columna 11 DDHcal [oC h] Discomfort cálido grado hora

8.3. Con aire acondicionado simulación mensual

Cuando la evaluación se realiza en condición de Con aire acondicionado, para un mes específico, la ventana de Resultados muestra, del lado izquierdo la gráfica de la carga térmica de enfriamiento por unidad de área para el día típico del mes para cada sistema constructivo. Esta es la energía térmica de enfriamiento que se requiere para que el interior de la edificación se encuentre a la temperatura de neutralidad.



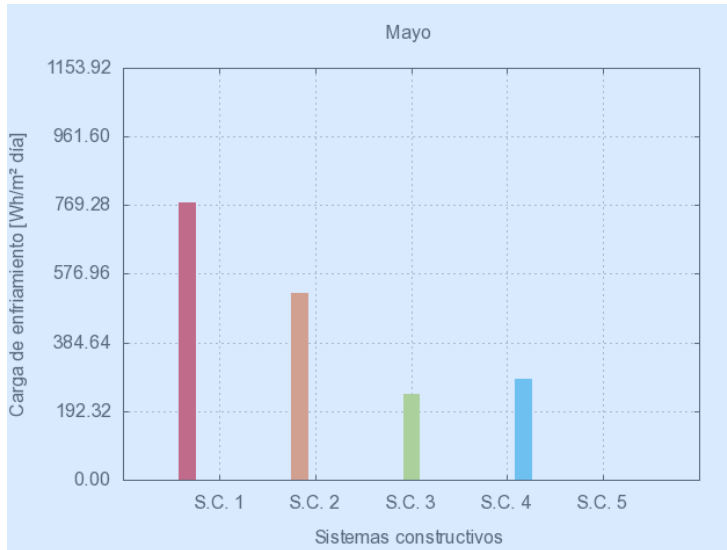
The screenshot shows the software interface with three bar charts for the month of May. A red arrow points to the first chart. Below the charts is a control panel with the following settings:

- Lugar: Temixco
- Periodo: Mayo
- Condición: Con aire acondicionado
- Orientación: Techo
- Inclinación: 0 [°]

Below the control panel is a table for defining construction systems (S.C.):

S.C.	Material	Esesor	A
1	BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.1 [m]	0.7
	ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
2	BD Adobe 0.58 1500 1480	0.1 [m]	0.7
	ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
3	BD PoliestirenEstandard 0.04 15 1400	0.02 [m]	0.7
	ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
	BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.08 [m]	
4	BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.08 [m]	0.7
	ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
	BD PoliestirenEstandard 0.04 15 1400	0.02 [m]	
	ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		

Buttons at the bottom: Correr programa, Descargar archivos, Iniciar, Cerrar sesión.



En la parte central de la ventana de Resultados se muestra la gráfica de la carga térmica de calentamiento por unidad de área para el día típico del mes. Esta es la energía térmica de calentamiento que se requiere para que el interior de la edificación se encuentre a la temperatura de neutralidad.





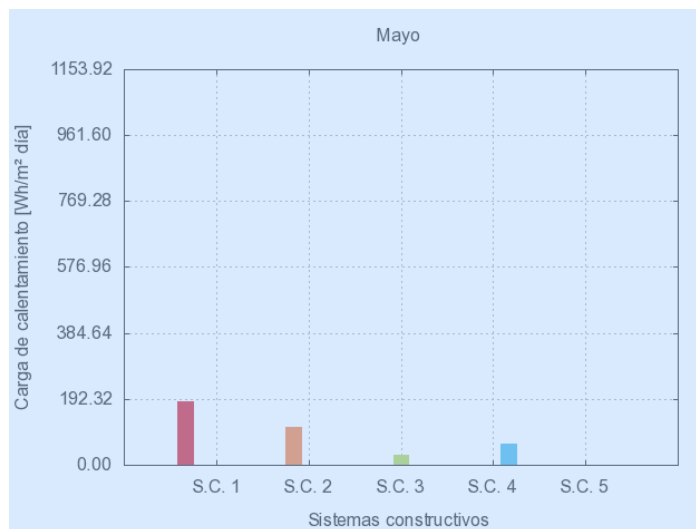
Lugar	Periodo	Condición	Orientación	Inclinación
Temixco	Mayo	Con aire acondicionado	Techo	Norte

S.C.	Material	Espesor	A
1	<input checked="" type="radio"/> BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.1 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
2	<input checked="" type="radio"/> BD Adobe 0.58 1500 1480	0.1 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
3	<input type="radio"/> BD PoliestirenEstandard 0.04 15 1400	0.02 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
	<input checked="" type="radio"/> BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.08 [m]	
4	<input checked="" type="radio"/> BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.08 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
5	<input checked="" type="radio"/> BD PoliestirenEstandard 0.04 15 1400	0.02 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		

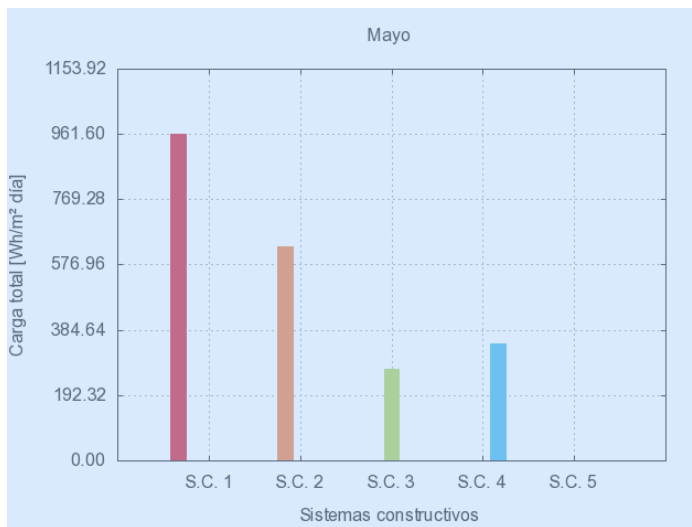
Correr programa
Descargar archivos
Iniciar
Cerrar sesión

Ener-Habitat v2.0.0 2012

Esta página funciona mejor en Firefox y Chrome



Del lado derecho de la ventana de Resultados se muestra la gráfica la gráfica de la carga térmica total por unidad de área para el día típico del mes. Esta es la energía térmica total que se requiere para que el interior de la edificación se encuentre a la temperatura de neutralidad, es la suma de la carga de enfriamiento y la de calentamiento.



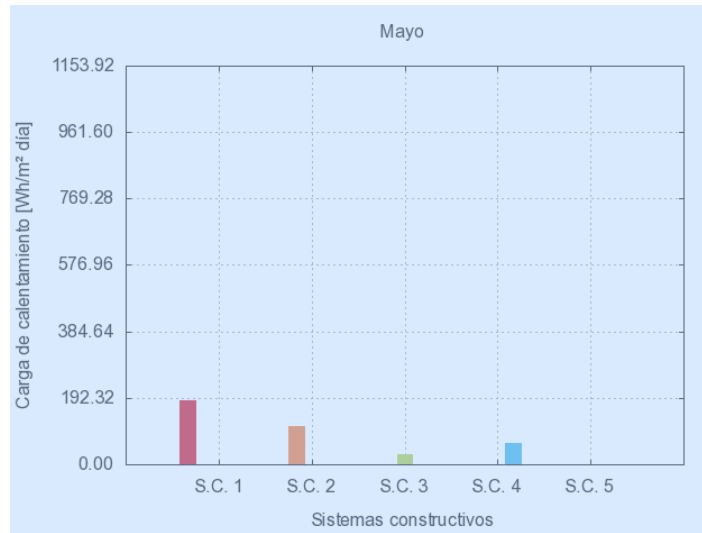
Con el botón **Descargar archivos** se obtiene un archivo comprimido “nombredelusuario.zip”. Al descomprimirse se obtiene una carpeta “dat” que contiene cuatro archivos:

- con_aa_energia_calentamiento_Nombredelmes_nombredelusuario.png
- con_aa_energia_enfriamiento_Nombredelmes_nombredelusuario.png

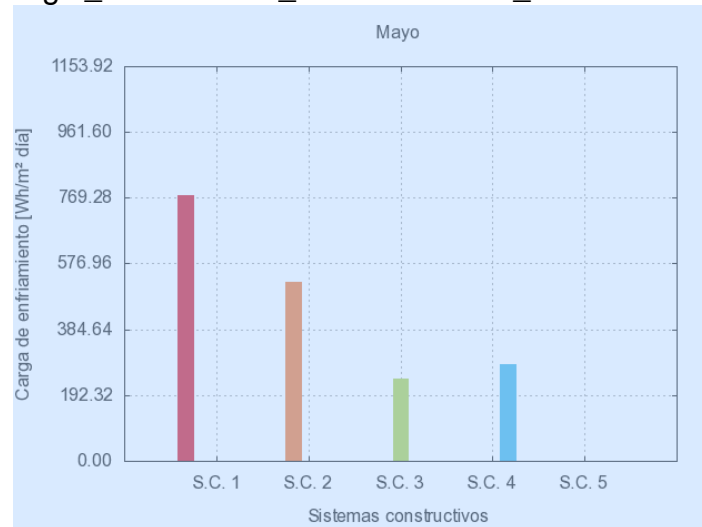
con_aa_energia_total_Nombredelmes_nombreusuario.png
con_aa_resultados_Nombredelmes_nombreusuario.txt

Los archivos “pgn” contienen las gráficas mostradas en la ventana de Resultados.

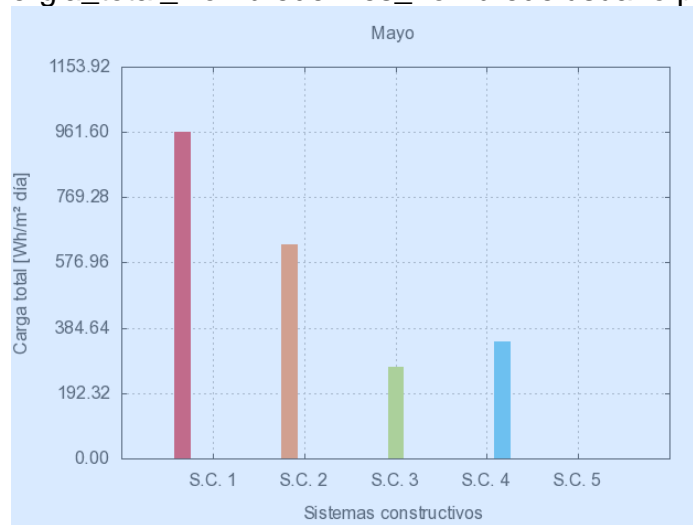
Archivo con_aa_energia_calentamiento_Nombredelmes_nombreusuario.png



Archivo con_aa_energia_enfriamiento_Nombredelmes_nombreusuario.png



Archivo con_aa_energia_total_Nombredelmes_nombredelusuario.png



Archivo con_aa_resultados_Nombredelmes_nombredelusuario.txt

Este archivo tiene seis columnas que contiene los valores típicos del mes.

Columna 1 S.C. [-]

Columna 2 Carga térmica de enfriamiento [Wh/m2 día]

Columna 3 Carga térmica de calentamiento [Wh/m2 día]

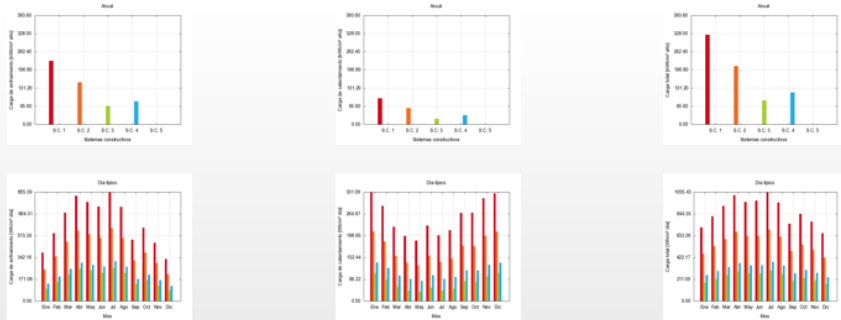
Columna 4 Carga térmica total [Wh/m2 día]

Columna 5 DF_s [-] Factor de decremento superficial

Columna 6 T_comfort [oC] Temperatura de confort

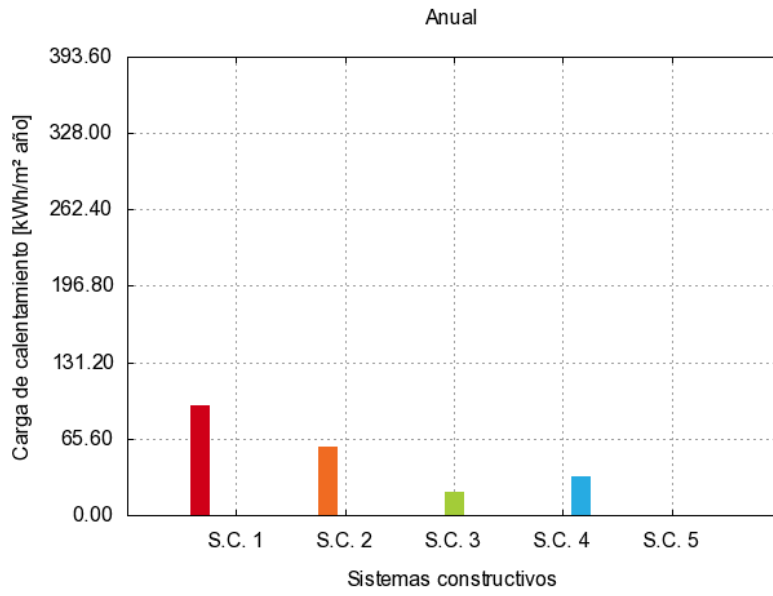
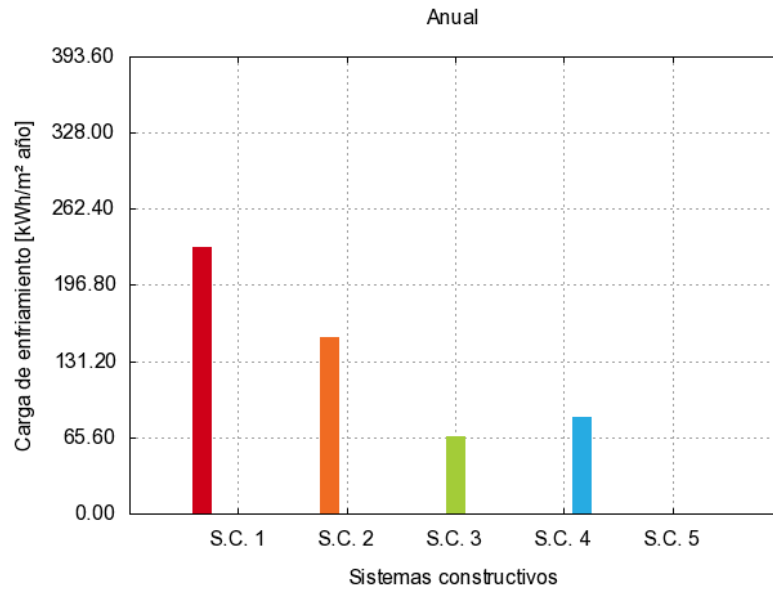
8.4. Con aire acondicionado simulación anual

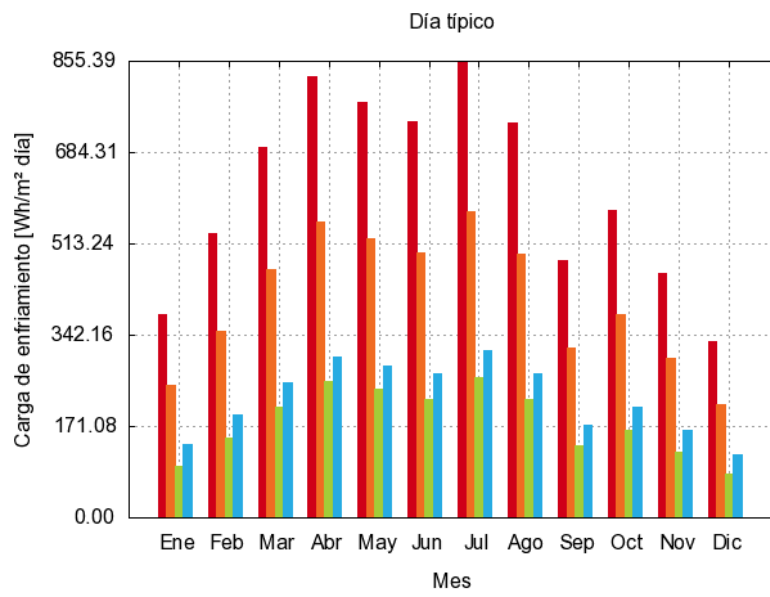
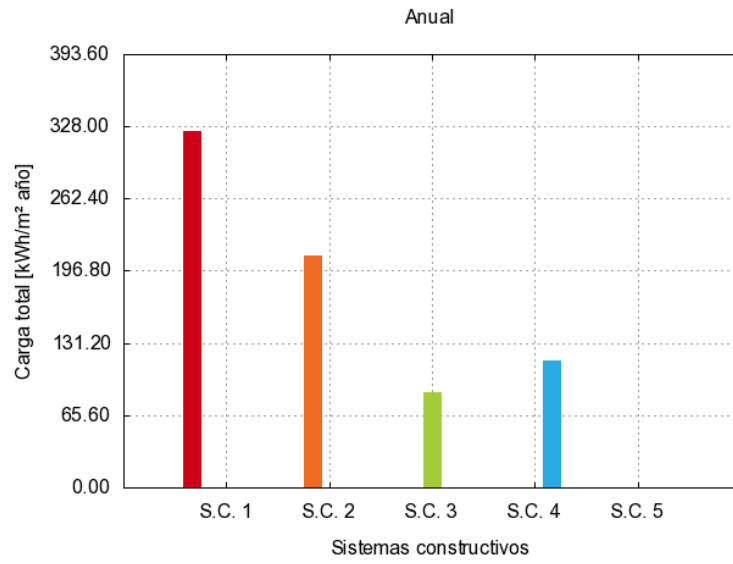
Cuando la evaluación se realiza en condición de Con aire acondicionado, durante un año, la ventana de Resultados muestra seis gráficas. Las tres de arriba presentan la carga térmica durante el año por unidad de área, para enfriamiento, para calentamiento y la total. Las tres de abajo presentan la carga térmica requerida durante el día típico de cada mes por unidad de área, para enfriamiento, para calentamiento y la total.

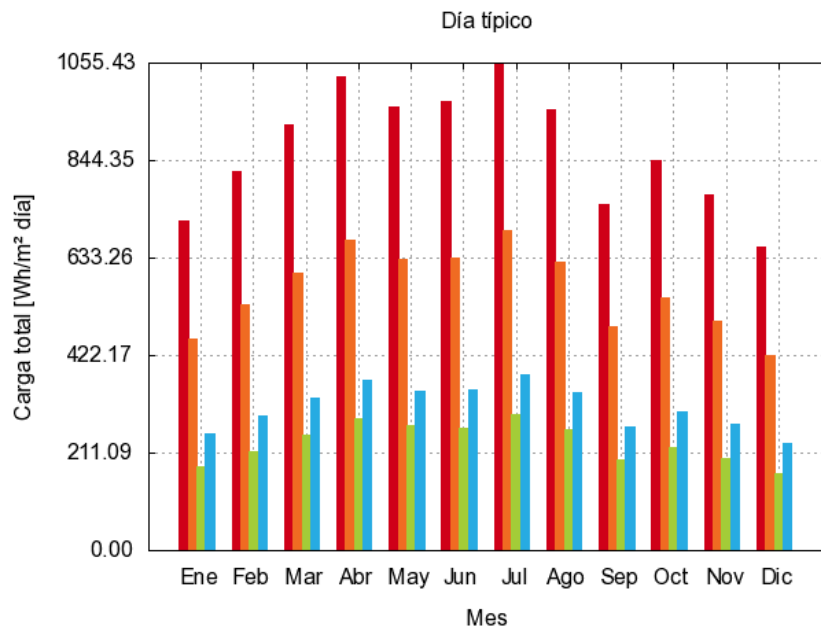
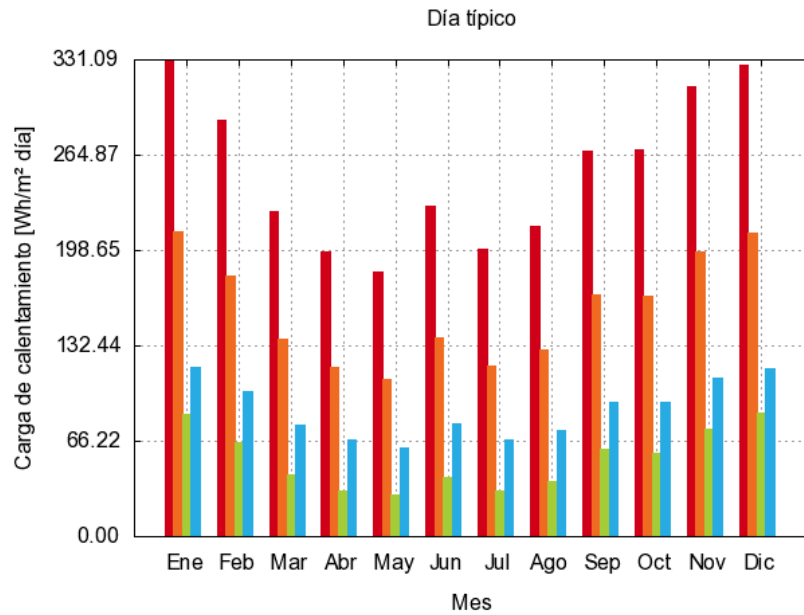


Lugar	Periodo	Condición	Orientación	Inclinación
Temixco	Anual	Con aire acondicionado	Techo	Norte

S.C.	Material	Espesor	A
1	<input checked="" type="radio"/> BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.1 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
2	<input checked="" type="radio"/> BD Adobe 0.58 1500 1480	0.1 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
3	<input checked="" type="radio"/> BD PoliestirenEstandar 0.04 15 1400	0.02 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
	<input checked="" type="radio"/> BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.08 [m]	
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
4	<input checked="" type="radio"/> BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.08 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
	<input checked="" type="radio"/> BD PoliestirenEstandar 0.04 15 1400	0.02 [m]	
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		







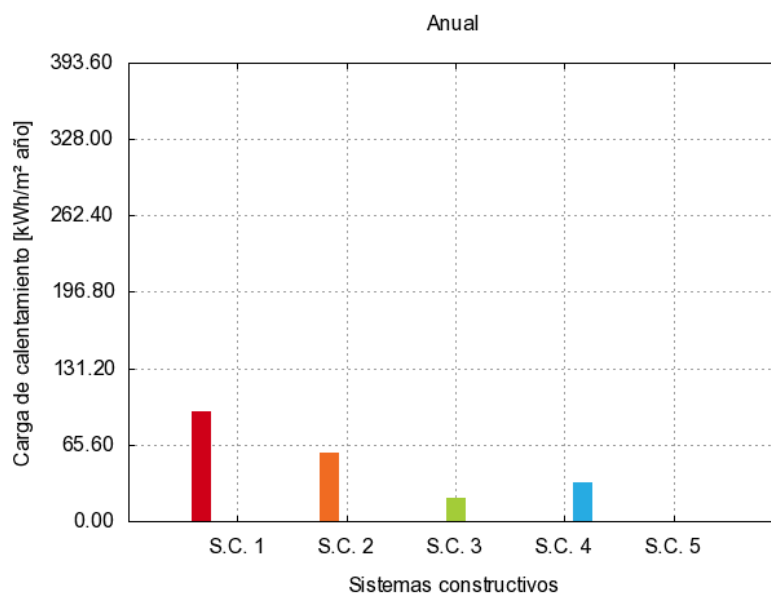
Con el botón **Descargar archivos** se obtiene un archivo comprimido “nombredelusuario.zip”. Al descomprimirse se obtiene una carpeta “dat” que contiene un número de archivos =2+2+Número de sistemas constructivos, con un máximo de 12 archivos.

con_aa_energia_calentamiento_anual_nombredelusuario.png
 con_aa_energia_calentamiento_mensual_nombredelusuario.png

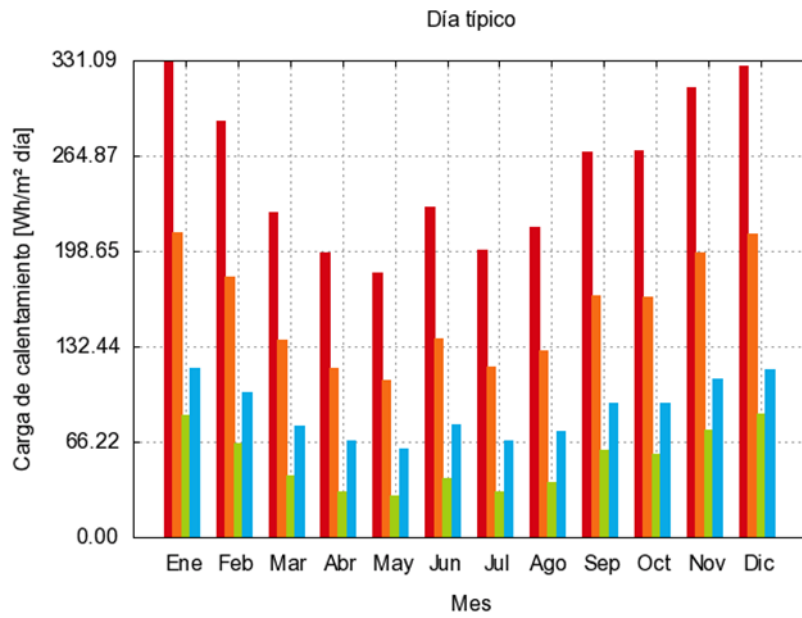
con_aa_energia_enfriamiento_anual_nombredelusuario.png
con_aa_energia_enfriamiento_mensual_nombredelusuario.png
con_aa_energia_total_anual_nombredelusuario.png
con_aa_energia_total_mensual_nombredelusuario.png
con_aa_resultados_anual_sc1_nombredelusuario.txt
con_aa_resultados_anual_sc2_nombredelusuario.txt
con_aa_resultados_anual_sc3_nombredelusuario.txt
con_aa_resultados_anual_sc4_nombredelusuario.txt
con_aa_resultados_anual_sc5_nombredelusuario.txt
con_aa_resultados_mensuales_sc1_nombredelusuario.txt
con_aa_resultados_mensuales_sc2_nombredelusuario.txt
con_aa_resultados_mensuales_sc3_nombredelusuario.txt
con_aa_resultados_mensuales_sc4_nombredelusuario.txt
con_aa_resultados_mensuales_sc5_nombredelusuario.txt

Los archivos “pgn” contienen las gráficas mostradas en la ventana de Resultados.

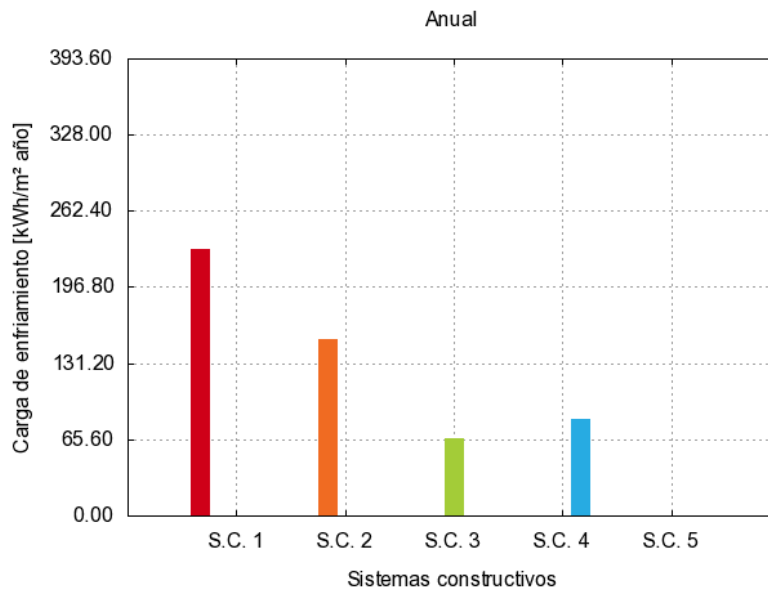
Archivo con_aa_energia_calentamiento_anual_nombredelusuario.png



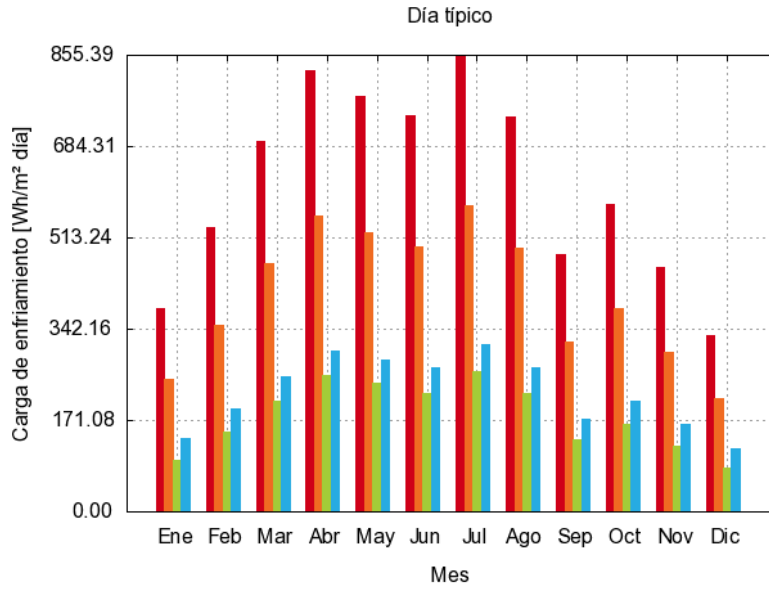
Archivo con_aa_energia_calentamiento_mensual_nombredelusuario.png



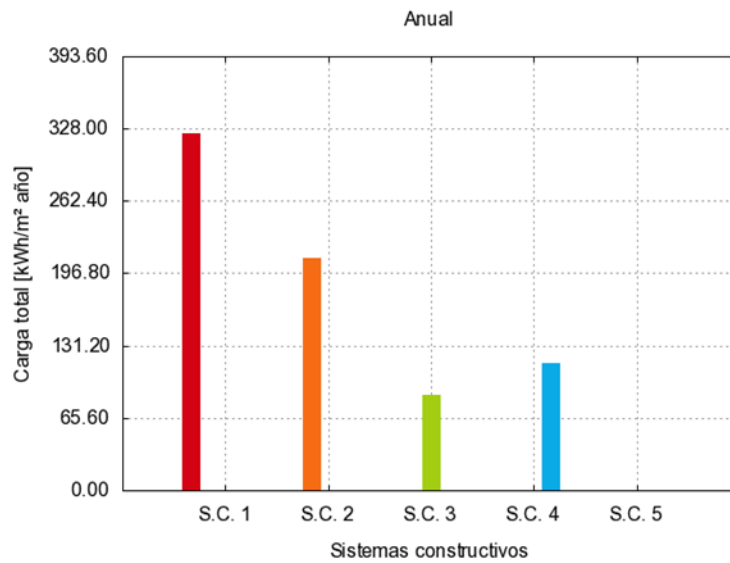
Archivo con_aa_energia_enfriamiento_anual_nombredelusuario.png



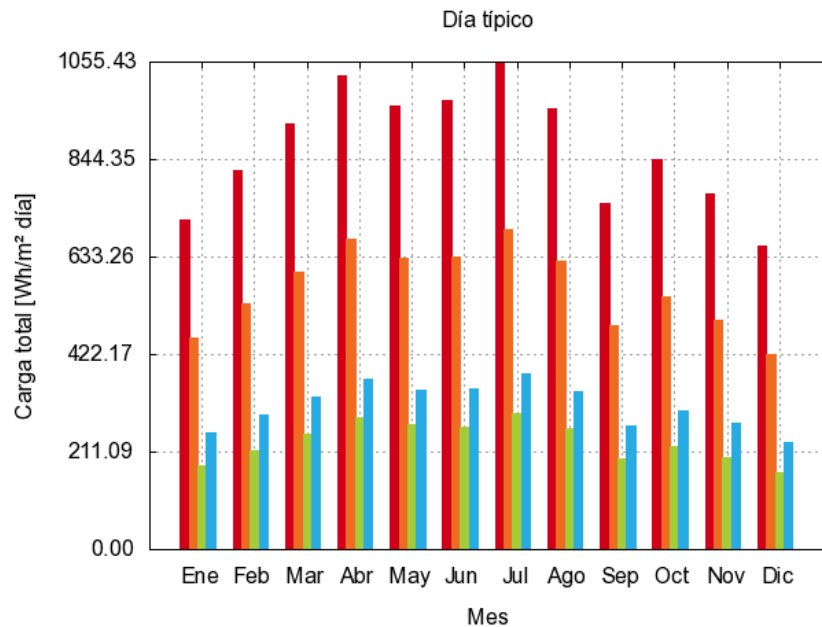
Archivo con_aa_energia_enfriamiento_mensual_nombredelusuario.png



Archivo con_aa_energia_total_anual_nombredelusuario.png



Archivo con_aa_energia_total_mensual_nombredelusuario.png



Archivos con_aa_resultados_anual_sc#_nombredelusuario.txt

Cada uno de estos archivos tiene 4 columnas que contiene los resultados anuales.

Columna 1 Carga térmica enfriamiento [kWh/m2 año]

Columna 2 Carga térmica calentamiento [kWh/m2 año]

Columna 3 Carga térmica total [kWh/m2 año]

Columna 4 FD_s [-] Factor de decremento superficial

Archivos con_aa_resultados_mensuales_sc#_nombredelusuario.txt

Este archivo tiene seis columnas que contiene los valores típicos de cada mes.

Columna 1 Mes

Columna 2 Carga térmica de enfriamiento [Wh/m2 día]

Columna 3 Carga térmica de calentamiento [Wh/m2 día]

Columna 4 Carga térmica total [Wh/m2 día]

Columna 5 DF_s [-] Factor de decremento superficial

Columna 6 T_confort [oC] Temperatura de confort

9. Cambio de parámetros desde la ventana de resultados

Los cuadros en la parte media de la ventana de Resultados permiten hacer cambios a los parámetros de las simulaciones y volver a correr el programa. No se puede cambiar el Tipo de sistema constructivo (Sistemas con capas homogéneas y Sistema con una capa no homogénea). Si se desea cambiar esto se debe iniciar el programa, para ello se debe presionar el botón **Iniciar**.

9.1. En simulaciones de sistemas constructivos de capas homogéneas.

Se pueden cambiar todos los parámetros usando el cuadro, a excepción del número de sistemas constructivos evaluados, por lo que en ese caso se debe iniciar el programa, para ello se debe presionar el botón **Iniciar**.

Los botones **-** permiten borrar la capa de que se trate. Los botones **+** permiten añadir capas. Cuando se presiona un botón **+** se introduce una capa. Ener-Habitat pone por *default* el material de la capa sobre la que se creó la nueva capa, esto permite escoger que lugar ocupará la capa creada. Se deben introducir los parámetros correspondientes a la nueva capa.

Ener-Habitat ¿Qué es? ¿Cómo se usa? ¿Quiénes somos? Contacto
EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

Resultados
El mejor sistema constructivo es aquel que presenta el menor Factor de Decremento.

Lugar	Periodo	Condición	Orientación	Inclinación
Temixco	Mayo	Sin aire acondicionado	Techo	Norte 0 [°]

S.C.	Material	Espesor	A
1	BD Concreto_Alta_Dian	0.2	
	gbv acero 45 7850 46C	0.1 [m]	
2	BD Adobe 0.58 1500 1	0.7	
	gbv acero 45 7850 46C	0.1 [m]	
3	BD PoliestirenEstandar	0.7	
	gbv acero 45 7850 46C	0.1 [m]	

Una vez cambiados los parámetros se debe presionar el botón **Correr programa**.



The screenshot displays the Ener-Habitat software interface. At the top, there are two line graphs for the month of May. The left graph shows temperature (Temperatura [°C]) over time (Tempo [h]) for four different systems (SC 1, SC 2, SC 3, SC 4). The right graph shows energy consumption (Energía consumida [kWh/m² año]) for five systems (SC 1 to SC 5). Below the graphs is a configuration table with the following data:

Lugar	Periodo	Condición	Orientación	Inclinación	
Temixco	Mayo	Sin aire acondicionado	Techo	Norte	0 [°]

Below the configuration table is a detailed table for the construction system (S.C.):

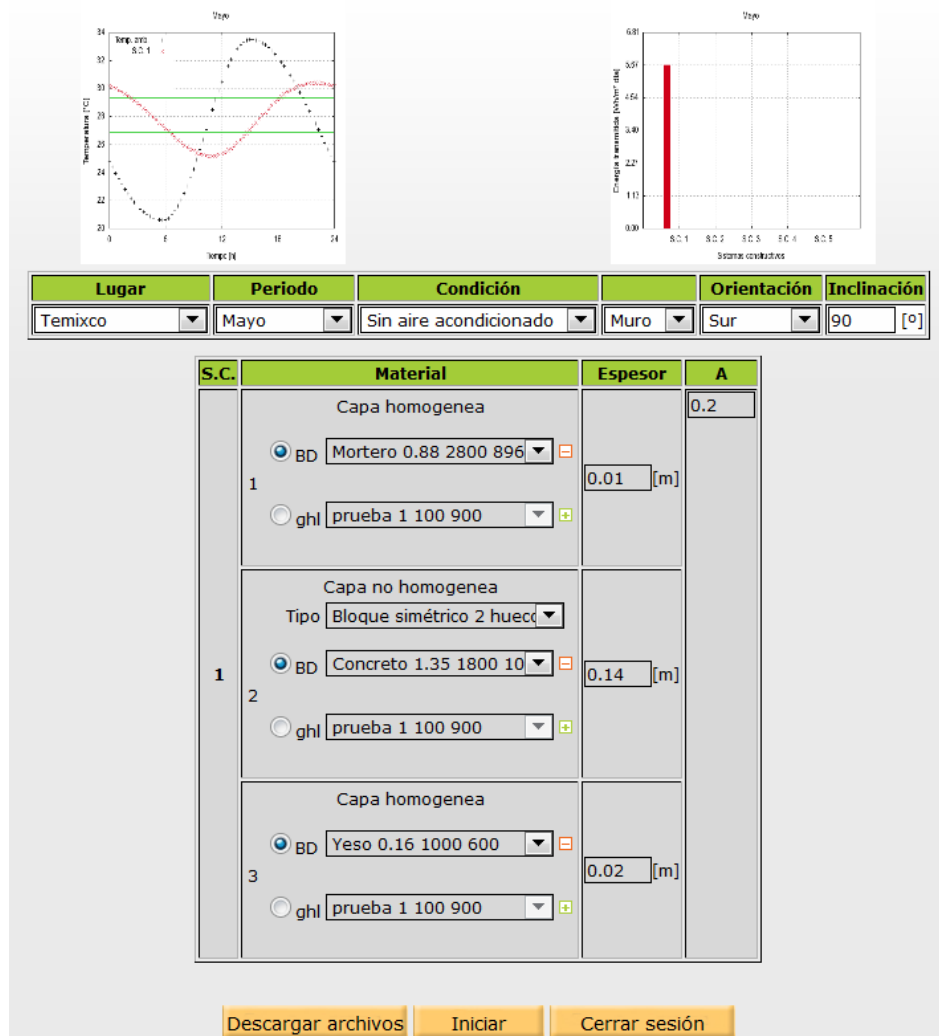
S.C.	Material	Espesor	A
1	<input type="radio"/> BD Adobe 0.58 1500 1480	0.02 [m]	0.7
	<input checked="" type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
2	<input checked="" type="radio"/> BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.1 [m]	
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
1	<input checked="" type="radio"/> BD Adobe 0.58 1500 1480	0.1 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
1	<input checked="" type="radio"/> BD PoliestirenEstandar 0.04 15 1400	0.02 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
2	<input checked="" type="radio"/> BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.08 [m]	
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
1	<input checked="" type="radio"/> BD Concreto_Alta_Densidad 2 2400 1000	0.08 [m]	0.7
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		
2	<input checked="" type="radio"/> BD PoliestirenEstandar 0.04 15 1400	0.02 [m]	
	<input type="radio"/> ghl Aislante_P1 0.04 860 1000		

At the bottom of the interface, there are four buttons: "Correr programa", "Descargar archivos", "Iniciar", and "Cerrar sesión". A red arrow points to the "Correr programa" button. The version number "Ener-Habitat v2.0.0 2012" is visible at the bottom center.

9.2. En simulaciones de sistema constructivo con una capa no homogénea

En este caso, solo se pueden cambiar algunos de los parámetros de la simulación. El lugar, periodo, condición, y en algunos casos orientación e inclinación. (Los parámetros que no se pueden cambiar, aparecen como bloqueados). No se puede cambiar la configuración del sistema constructivo, solo la absorción solar de la capa exterior (A).

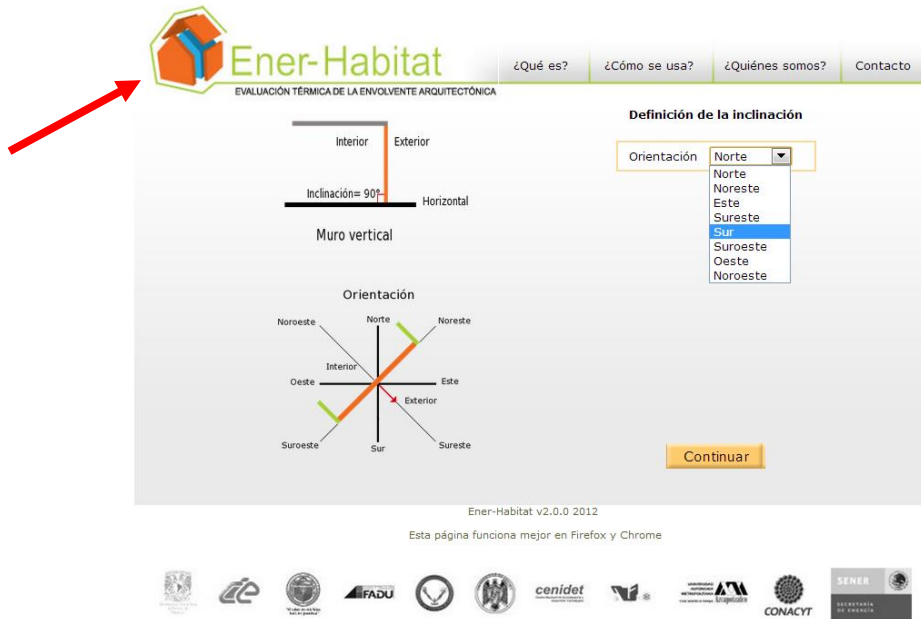
Resultados



Una vez cambiados los parámetros se debe presionar el botón **Correr programa**.

10. Fin de sesión

Desde cualquier ventana Ener-Habitat cierra la sesión si da un *click* del *mouse* al logo de Ener-Habitat.



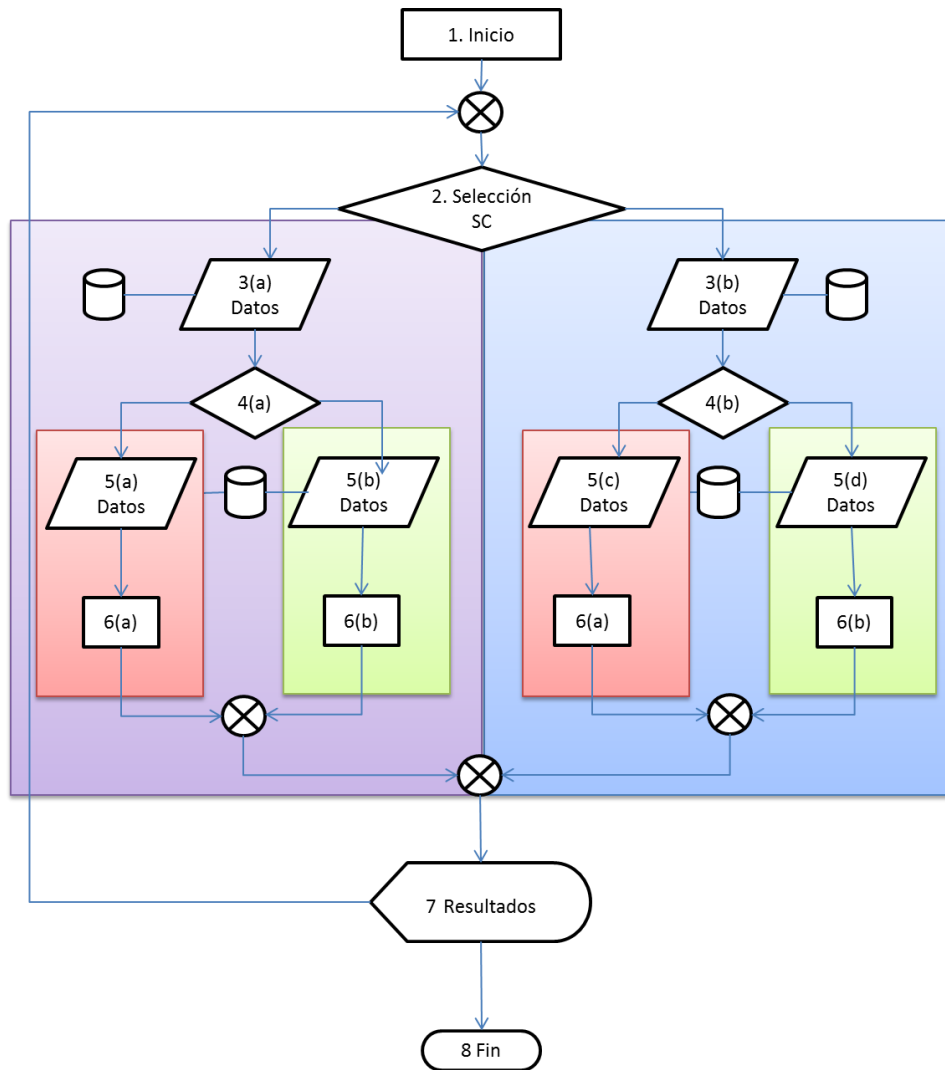
Si se cierra sesión desde la ventana de Resultados, la siguiente vez que se inicie una sesión se recupera dicha ventana. Si se cierra sesión desde cualquier otra ventana, la siguiente vez que se inicie una sesión comenzará el proceso desde la Selección de tipo de sistema constructivo.

11. Fundamentos teóricos de Ener-Habitat

Ener-habitat utiliza el modelo de transferencia de calor dependiente del tiempo para calcular la transferencia de calor a través de sistemas constructivos de muros o techos de la envolvente arquitectónica. En esta sección se presenta el diagrama de flujo del programa Ener-Habitat, las ecuaciones usadas para evaluar sistemas constructivos de capas homogéneas y las ecuaciones para evaluar sistemas constructivos con al menos una capa no homogénea. También se presenta las condiciones de frontera usadas por Ener-Habitat.

11.1. Diagrama de flujo de Ener-Habitat

El diagrama de flujo de la herramienta Ener-Habitat se muestra en la figura siguiente.



La zona del lado izquierdo (zona morada) corresponde a la evaluación de sistemas constructivos de capas homogéneas, la zona del lado derecho (zona azul) a sistemas constructivos con una capa no homogénea. En ambos tipos de sistemas constructivos se puede evaluar bajo condiciones de uso de aire acondicionado (zona roja) o sin aire acondicionado (zona verde).

Ener-Habitat se ejecuta bajo una sesión individual previo registro (1). El primer paso es definir el tipo de sistema constructivo a evaluar (2). El sistema constructivo puede ser homogéneo (zona morada) o con una capa no homogénea (zona azul). Una vez que se definió el sistema constructivo, se selecciona el lugar, periodo y ubicación (3). Ener-Habitat lee los valores de clima correspondientes de su base de datos. En el siguiente punto (4) se define la condición bajo la cual se evalúa el sistema, bajo condiciones de uso de aire acondicionado (zona roja) o sin aire acondicionado (zona verde). El usuario también debe definir las medidas del sistema constructivo y los materiales, por lo que la herramienta accede a la base de datos (5). Una vez que se han especificado todos los

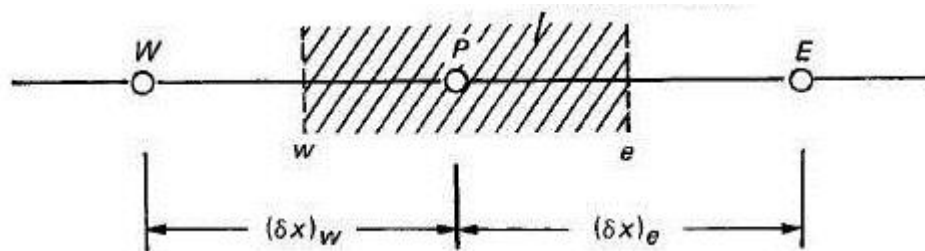
sistemas constructivos a evaluar, Ener-Habitat ejecuta alguno de los cuatro programas: 6a) evaluación de sistema constructivo homogéneo bajo condiciones de aire acondicionado, 6b) evaluación de sistema constructivo homogéneo bajo condiciones de no aire acondicionado, 6c) evaluación de sistema constructivo con una capa no homogénea bajo condiciones de aire acondicionado, y 6d) evaluación de sistema constructivo de una capa no homogénea bajo condiciones de no aire acondicionado. Al terminar de realizar los cálculos correspondientes, Ener-Habitat despliega los resultados obtenidos de alguna de las cuatro opciones seleccionadas por el usuario. Sólo para el caso de sistemas constructivos de capas homogéneas, Ener-Habitat permite cambiar alguno de los parámetros y volver a realizar la evaluación de los sistemas constructivos definidos. Para el caso de sistemas constructivos con una capa no homogénea se tiene que reiniciar todo el proceso desde el punto (2).

11.2. Modelo para sistemas de capas homogéneas

Cuando se evalúa un sistema constructivo formado por solo capas homogéneas se resuelve la ecuación de transferencia de calor dependiente del tiempo en una dimensión

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} - k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0, \quad (1)$$

donde T es la temperatura, t es el tiempo, ρ es la densidad del material, c es el calor específico, k la conductividad térmica, y x indica la coordenada espacial a lo ancho del sistema constructivo. Dado que el sistema constructivo se resuelve en una dimensión, el volumen de control se representa como se ve en la siguiente figura.



El volumen de control abarca la zona achurada alrededor de **P**, con vecinos **E** a la derecha y **W** a la izquierda. Las distancias entre los centros de los volúmenes de control vecinos son $(\delta x)_e$ y $(\delta x)_w$, para el lado derecho e izquierdo respectivamente. La conductividad k_e se usa para representar el valor de la conductividad térmica correspondiente a la cara e del volumen de control. Cuando existen dos volúmenes de

control de diferentes materiales, y suponiendo que la cara e está a la mitad de la distancia existente entre \mathbf{P} y \mathbf{E} , se usa el promedio armónico

$$k_e = \frac{2k_P k_E}{k_P + k_E}, \quad (2)$$

donde k_P y k_E son las conductividades térmicas correspondientes al volumen de control \mathbf{P} y \mathbf{E} , respectivamente. Lo mismo se aplica para calcular k_w .

La ecuación (1) se resuelve por volúmenes de control usando un esquema implícito, por lo que se escribe como

$$\rho c \frac{\Delta x}{\Delta t} (T_P^1 - T_P^0) = \left[\frac{k_e (T_E^1 - T_P^1)}{(\delta x)_e} - \frac{k_w (T_P^1 - T_W^1)}{(\delta x)_w} \right],$$

donde T_P^1 , T_E^1 y T_W^1 son las temperaturas de los volúmenes de control \mathbf{P} , \mathbf{E} y \mathbf{W} al tiempo $t + \Delta t$ y T_P^0 es la temperatura al tiempo t . La ecuación anterior se puede reescribir como

$$a_P T_P^1 = a_E T_E^1 + a_W T_W^1 + b, \quad (3)$$

donde los coeficientes son

$$a_P = a_E + a_W + a_P^0,$$

$$a_E = \frac{k_e}{(\delta x)_e},$$

$$a_W = \frac{k_w}{(\delta x)_w},$$

$$a_P^0 = \frac{\rho c \Delta x}{\Delta t}, \text{ y}$$

$$b = a_P^0 T_P^0.$$

Al resolver un sistema multicapas cada coeficiente contiene los valores de las propiedades térmicas de la capa correspondiente y en las interfaces se debe usar la ecuación (2) para la conductividad de la cara correspondiente. La ecuación (3) genera un sistema de N de ecuaciones, donde N es el número de nodos usados para discretizar el sistema constructivo. El sistema ecuaciones forma una matriz tridiagonal que se resuelve usando el algoritmo TDMA (Patankar 1980).

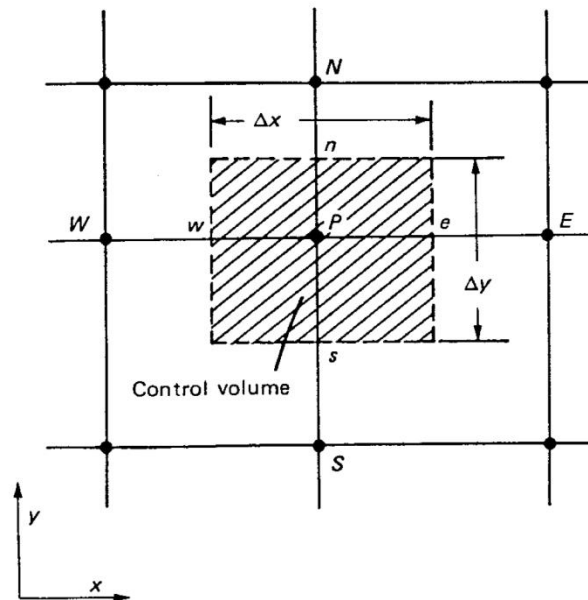
11.3. Modelo para sistemas con una capa no homogénea

Cuando se evalúa un sistema constructivo con al menos una capa no homogénea se resuelve la ecuación de transferencia de calor dependiente del tiempo en dos dimensiones,

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} - k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = 0, \quad (4)$$

donde x y y son las coordenadas espaciales, y es la coordenada transversal al sistema constructivo.

El volumen de control bidimensional se muestra en la siguiente figura.



El volumen de control abarca la zona achurada alrededor de **P**, con vecinos **E** a la derecha, **W** a la izquierda, **N** arriba y **S** abajo. La distancia entre el centro del volumen de control **P** y cada vecino es (δx) donde el subíndice e, w, n o s indica el vecino correspondiente.

La ecuación (4) se resuelve por volúmenes de control usando un esquema implícito, por lo que se escribe como

$$\rho c \frac{\Delta x \Delta y}{\Delta t} (T_p^1 - T_p^0) = \left[\frac{k_e \Delta y (T_E^1 - T_P^1)}{(\delta x)_e} - \frac{k_w \Delta y (T_P^1 - T_W^1)}{(\delta x)_w} \right] + \left[\frac{k_n \Delta x (T_N^1 - T_P^1)}{(\delta x)_n} - \frac{k_s \Delta x (T_P^1 - T_S^1)}{(\delta x)_s} \right], \quad (5)$$

donde $T_p^1, T_E^1, T_W^1, T_N^1, T_S^1$ son las temperaturas de los volúmenes de control **P**, **E**, **W**, **N** y **S**, respectivamente, al tiempo $t + \Delta t$, T_p^0 es la temperatura del volumen de control **P** al

tiempo t y Δx y Δy son las longitudes de las caras transversales al flujo de calor. La ecuación anterior se puede reescribir como

$$a_P T_P^1 = a_E T_E^1 + a_W T_W^1 + a_N T_N^1 + a_S T_S^1 + b, \quad (6)$$

donde

$$a_P = a_E + a_W + a_N + a_S + a_P^0,$$

$$a_E = \frac{k_e \Delta y}{(\delta x)_e},$$

$$a_W = \frac{k_w \Delta y}{(\delta x)_w},$$

$$a_N = \frac{k_n \Delta x}{(\delta x)_n},$$

$$a_S = \frac{k_s \Delta x}{(\delta x)_s},$$

$$a_P^0 = \frac{\rho c \Delta x \Delta y}{\Delta t}, \text{ y}$$

$$b = a_P^0 T_P^0.$$

De la misma manera que en el sistema unidimensional, cada coeficiente contiene los valores de las propiedades térmicas de la capa correspondiente por lo que se pueden resolver sistemas multicapas y sistemas constructivos con una capa no homogénea definiendo correctamente cada coeficiente y en las interfaces se debe usar la ecuación (2) para la conductividad, adaptada a la cara correspondiente. La ecuación (6) genera un sistema de $N_x \times N_y$ ecuaciones, donde N_x y N_y son el el número de nodos usados para discretizar el sistema constructivo en el eje x y y , respectivamente. El sistema ecuaciones forma una matriz tridiagonal que se resuelve usando el algoritmo TDMA (Patankar 1980).

11.4. Condiciones de frontera

Para evaluar el sistema constructivo usando Ener-Habitat es necesario implementar un flujo de calor en las fronteras. Este flujo de calor puede ser convectivo, radiativo o la combinación de ambos. Para el sistema unidimensional mostrado en la sección 11.2, si reemplazamos el flujo de calor proveniente del volumen de control **E** obtenemos

$$\rho c \frac{\Delta x}{\Delta t} (T_p^1 - T_p^0) = \left[q_E - \frac{k_w (T_p^1 - T_w^1)}{(\delta x)_w} \right], \quad (7)$$

donde q_E puede ser debido a un flujo de calor convectivo, radiativo o la suma de ambos. Es fácil realizar el cambio para cuando el flujo de calor proviene del volumen de control \mathbf{W} en una dimensión e inclusive extenderlo a dos dimensiones (Patankar 1980).

Dentro de los sistemas constructivos con una capa no homogénea existe una configuración donde puede existir una cavidad de aire al interior. En este caso, las paredes de las cavidades toman en cuenta el intercambio de calor radiativo entre la superficie superior y la superficie inferior del hueco, dada por

$$Q_r = F_{s \rightarrow i} \varepsilon \sigma (T_s^4 - T_i^4), \quad (8)$$

donde ε es la emisividad del material, σ es la constante de Stefan-Boltzmann y $F_{s \rightarrow i}$ es el factor de forma entre las dos superficies. T_s y T_i son la temperatura promedio de la superficie superior y la temperatura promedio la superficie inferior del hueco, respectivamente. El factor de forma es el de dos placas planas infinitas separadas una distancia H (Duffie 1991). Además del intercambio radiativo, en cada pared existe un intercambio de calor convectivo, por lo que en cada superficie de la cavidad se debe aplicar la condición de frontera

$$A \rho_a c_a \left(\frac{\partial T_c}{\partial t} \right) = \sum_i h_c L (T_{sc}^i - T_c), \quad (9)$$

donde A es el área de la cavidad de aire, ρ_a es la densidad del aire, c_a es el calor específico del aire, T_{sc}^i es la temperatura en la superficie al interior de la cavidad de aire en la cara i , h_c es el coeficiente convectivo de la cavidad de aire, L es la longitud de la superficie que intercambia calor y T_c es la temperatura del aire al interior de la cavidad. La sumatoria se indica para todas las superficies i de la cavidad. De esta manera se puede calcular la temperatura del aire al interior de la cavidad como función de la transferencia de calor a través del sistema constructivo.

Para cualquier sistema constructivo, en la superficie exterior se aplica

$$h_{fe}(T_{sa} - T_{se}) = -k_{se} \left. \frac{dT}{dy} \right|_{se}, \quad (10)$$

donde T_{sa} es la temperatura sol-aire, T_{se} es la temperatura superficial en el exterior del sistema constructivo, h_{fe} es el coeficiente de película del exterior, k_{se} es la conductividad térmica de la superficie exterior, y la dirección paralela al flujo de calor y la derivada está evaluada en la superficie exterior. La temperatura sol-aire se define como

$$T_{sa} = T_a + \frac{I_{Gsa}}{h_{fe}} + RF, \quad (11)$$

donde T_a es la temperatura ambiental exterior, I_{GS} es la radiación solar global incidente sobre la superficie, a es la absortancia de la superficie del sistema constructivo y RF es el factor de radiación.

Ener-Habitat cuenta con una base de datos que contiene, para cada ciudad que aparece en la herramienta, la radiación solar difusa máxima promedio y directa máxima promedio, así como la temperatura máxima, mínima y la hora del día en que ocurren. Al seleccionar el usuario el lugar y periodo (mes específico o anual), se toma de la base de datos los valores típicos correspondientes (lugar y mes).

La condición de frontera en la superficie interior es

$$h_{fi}(T_{si} - T_{int}) = -k_{si} \left. \frac{dT}{dy} \right|_{si}, \quad (12)$$

donde h_{fi} es el coeficiente de película al interior, T_{si} es la temperatura superficial al interior, k_{si} es la conductividad térmica de la capa al interior y T_{int} es la temperatura del aire al interior de la habitación. Si Ener-Habitat está evaluando el sistema constructivo bajo condiciones de aire acondicionado, entonces T_{int} se fija a la temperatura superior de confort, que se define como

$$T_{c+} = 13.5^{\circ}C + 0.54\overline{T_a} + \Delta T_c, \quad (13)$$

donde $\overline{T_a}$ es la temperatura ambiente promedio del mes a evaluar y $2\Delta T_c$ es la amplitud de la zona de confort (Morillón 2004). Si el sistema constructivo se evalúa bajo condiciones de no uso de aire acondicionado, T_{int} es función sólo de la transferencia de calor a través del sistema constructivo,

$$d\rho_a c_a \left(\frac{\partial T_{int}}{\partial t} \right) = h_{fi}(T_{si} - T_{int}), \quad (14)$$

donde d es una distancia a la cual existe una condición de simetría, ρ_a y c_a son la densidad y el calor específico del aire, respectivamente.

REFERENCIAS

Morillón-Gálvez D., Saldaña-Flores R., Tejeda-Martínez A. (2004). Human bioclimatic atlas for Mexico, Solar Energy, Vol. 76, p. 781-792.

Patankar S.V. (1980). *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. Taylor & Francis, London.

Duffie J.A., Beckman W.A. (2006), *Solar engineering of thermal processes*. Wiley, Hoboken, New Jersey.