



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

ANEXOS:

INSTALACIÓN

SIMULACIÓN DE SOMBREAMIENTOS

SIMULACIONES TÉRMICAS

Alumno:

Javier Allanegui Garnelo

Directores:

Victor Tabuenca Cintora

Beatriz Rodríguez Soria

Ingeniería Técnica Industrial Mecánica

ZARAGOZA, mayo de 2013

<u>1</u>	<u>INSTALACIÓN</u>	2
<u>2</u>	<u>SIMULACIÓN DE SOMBREAMIENTOS</u>	18
<u>3</u>	<u>SIMULACIONES TÉRMICAS</u>	23



ANEXO I:

INSTALACIÓN

1 Intervención

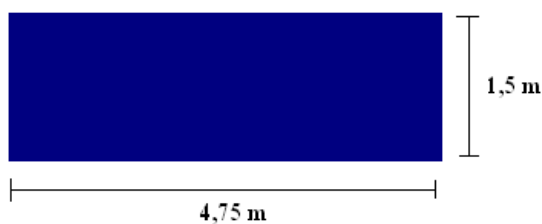
En este documento solo se explica y se documenta, la experiencia adquirida durante instalación de un calefactor solar, en la comunidad de Pucara, en la región de Cajamarca, Perú. Dicha intervención se llevó a cabo los días 5, 6 y 7 de octubre, y formaba parte del proyecto de cooperación al desarrollo “Mejora de las condiciones de vida de los habitantes del caserío de Pucara”, de Ingeniería Sin Fronteras Aragón y Soluciones Prácticas Cajamarca.



1.1 Excavar la zanja

La zanja va a limitar las dimensiones de la base del muro Trombe. En el perímetro de este, ira emplazado el muro donde apoyara la estructura de madera, de modo que deberá estar nivelado, con el objetivo de que, a posteriori, la estructura también lo esté.

En nuestro caso, tenemos 1,5 m de ancho, por 4,75 de largo.



1.2 Construcción del muro de apoyo

1.2.1 Conseguir piedras grandes



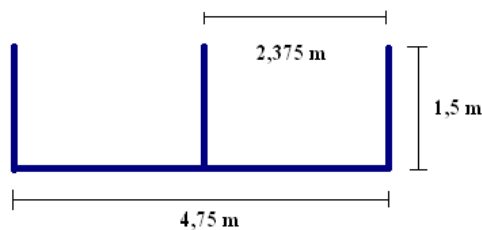
1.2.2 Preparar mezcla de barro con paja



- Hacemos un hoyo en el que removemos la tierra.
- Encharcamos con agua el hoyo.
- Cortamos paja o "ichu" (planta característica de la zona).
- Esparcimos la paja en el barro y mezclamos.

1.2.3 Zanja donde emplazar el muro de apoyo

Como podemos apreciar en la imagen, hemos hecho la zanja por todo el perímetro, y hemos añadido otra en la mitad para darle más fuerza a la estructura de madera que ira apoyada.





1.2.5 Nivelado



De este modo obtenemos nuestro muro de apoyo como se ve en la fotografía.



1.3 Enyesado de la pared



El objetivo de enyesar la pared, es que la pintura negra que se va a aplicar a continuación, no se adhiere al adobe, y sin embargo si lo hace en el yeso. Además de la función decorativa, refuerza el muro y lo impermeabiliza, permitiendo la transpiración natural.

Para preparar yeso, se precisa de $\frac{3}{4}$ de litro de polvo de yeso, por litro de agua.

Se aplicara con llanas, con la pared algo mojada y limpia. Siempre de abajo arriba, intentado dejar una capa fina (3 o 4mm) de yeso en cada mano.

El yeso debe estar bien seco antes de aplicar pintura u otra capa de yeso, de lo contrario se podría desprender el enyesado.

1.4 Aislamiento de grietas, puertas y ventanas

Un sistema de calefacción, como el que queremos instalar, no tiene sentido sin un adecuado aislamiento de la habitación que se pretende calentar.



Aislamiento de grietas en el techo con barro y paja.





Aislamiento de puertas y ventanas con barro y paja.

1.5 Agujeros en el adobe



Hemos realizado 8 agujeros en el adobe, por los cuales va a circular el aire de entrada y salida a nuestro Muro Trombe. Estos agujeros tienen un diámetro equivalente al de una botella de gaseosa de 3L, para poderlos taponar con las mismas botellas, que son fáciles de remplazar en caso de pérdida o deterioro.

Con la mezcla de barro y paja hemos ajustado los orificios al diámetro pretendido, para que no entre el aire frío del exterior por las noches y del mismo modo no se pierda aire caliente del interior.



1.6 Pintar de negro la pared



Se pinta de negro toda la superficie de la pared que va a ir dentro del Muro Trombe, es importante esperar a que seque por completo el yeso antes de pintar.

1.7 Acondicionamiento de la base del Muro Trombe



En este caso, hemos puesto sacos de arpillera cortados por la mitad y extendidos sobre el fondo de nuestro Trombe, para evitar que se forme humedad dentro del muro, y puedan aparecer plantas, con el consecuente perjuicio que esto conllevaría.

1.8 Piedras para la base del Muro Trombe

Se rellena el fondo de piedras y se pintan de negro para que capten más radiación.



1.9 Tratamiento de la madera



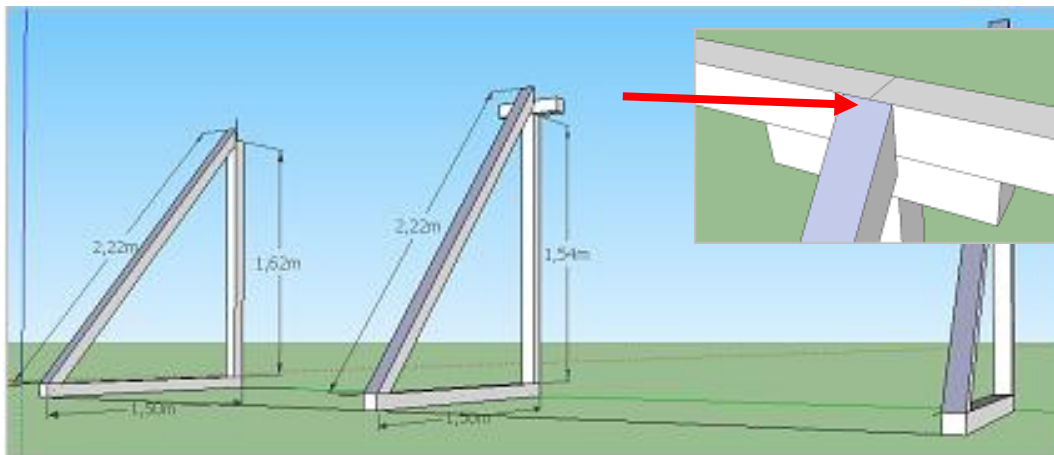
- Cortar la madera con las medidas diseñadas.
- Lijar todos los listones para que sea más rápido y económico el tratamiento con el aceite de linaza. Al tener los poros cerrados, la madera absorbe menos cantidad de aceite, con el mismo resultado.
- Aplicar el aceite de linaza sobre la madera, para proteger de humedad e insectos.

1.10 Montaje de la estructura de madera

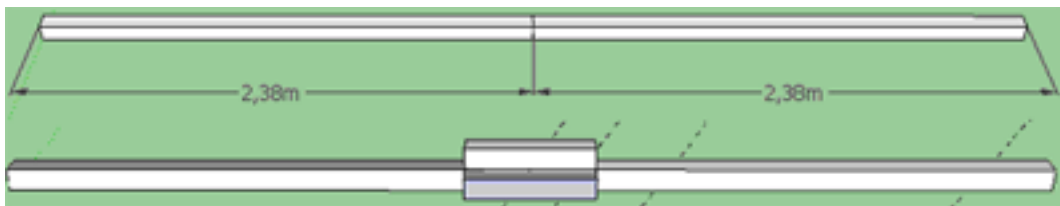
En primer lugar vamos a preparar los tres triángulos principales de la estructura, los dos de los extremos y el del medio.

Estos triángulos se van a confeccionar de madera de pino de 3"x3", van a ser los que le den resistencia a nuestra estructura.

Los triángulos de los extremos van a diferir al del centro en el pilar vertical, que será más corto, para poder incluir una madera horizontal que unirá después los dos travesaños horizontales que unirán los tres triángulos como se ve en las ilustraciones.

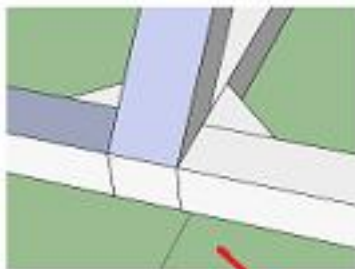


Una vez emplazados los triángulos principales, colocamos los travesaños continuos de la base y de la parte superior. Debido a que no se cuenta habitualmente con maderas de 4,75 m, se han tenido que unir 2 maderas. Mientras la superior se instalara como se explicó anteriormente, la inferior se unirá con clavos y se colocará como se ve en la siguiente ilustración.

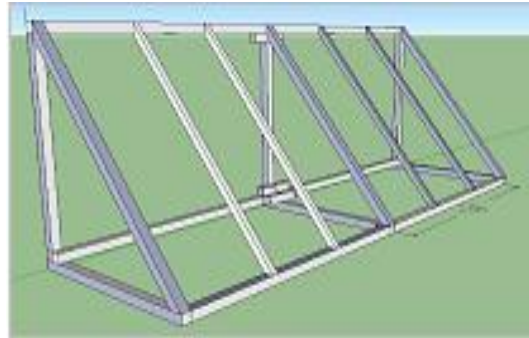


Para terminar el esqueleto de maderas de 3"x3" de nuestro Muro Trombe, nos quedan las maderas que unen la última parte de la base, que miden y se unen como se explica gráficamente en las imágenes.

Se utilizaran dos tacos de madera de forma triangular para poder clavar las maderas a la estructura.



Para terminar nuestro soporte de madera, colocaremos 4 travesaños inclinados más. Estos van a ser de 2"x2" ya que no es necesario que sean más gruesos, y podemos **ahorrar** abaratar algo en material.



1.11 Agarrar al muro y aislar

Para fijar la estructura de madera a la vivienda, en este caso se han utilizado clavos (de 4" o más) y trozos de varillas de hierro, que se han colocado en los travesaños verticales de la estructura, por ambos lados. Debido a que la geometría de los muros de estas viviendas, rara vez es recta, se deberá estudiar cada caso en particular, y actuar conforme a ello.

Una vez fijada nuestra estructura, debemos aislar los huecos que puedan quedar entre la estructura de madera y el muro contiguo. Para ello:

- Rellenamos los huecos con piedras pequeñas (en función de la separación que exista).
- Cubrimos las piedras y orificios, con la mezcla de barro y paja que hemos estado utilizando.



1.12 Cubrir con el plástico



- Extendemos el plástico encima de la estructura con cuidado de no estropearlo, ni mancharlo.
- Una vez que está en posición y nos hemos asegurado que llega a cubrir toda la estructura, fijamos uno de los extremos, poniendo el jebe estirado encima del plástico y sobre el jebe, el tapajuntas que clavaremos con clavos pequeños (1").
- A continuación iremos haciendo lo propio con los distintos largueros inclinados, asegurándonos de estirar y colocar correctamente el plástico en cada tramo antes de fijar.



1.13 Puerta de acceso al interior

Como ya hemos explicado, es un problema el crecimiento de plantas dentro de los sistemas de muro Trombe, de modo que se ha dotado a la instalación de una puerta de acceso, con el propio plástico de invernadero, de forma triangular, cerrada mediante velcro, como se ve en la fotografía. Esta se dispone en uno de los dos triángulos laterales del invernadero, según convenga en cada caso.

Así el beneficiario puede entrar a realizar un mantenimiento periódico, quitar vegetación, arreglar el plástico, limpiar los agujeros de las botellas... Hay que asegurarse de que esté lo mejor sellada posible, para minimizar las pérdidas de calor.



2 Posibles mejoras

Una vez instalada la tecnología y con todos los datos aportados en este documento, se ha de entrar a valorar la actuación, buscando factores mejorables.

2.1 Actividades previas a realizar por los beneficiarios

Alumno:

Javier Allanegui Garnelo

Directores:

Victor Tabuenca Cintora

Beatriz Rodriguez Soria

A fin de hacer más rápido el proceso de montaje del sistema de calefacción y para hacer partícipes de las tecnologías a los beneficiarios, conviene pedir a los mismos, que realicen algunas tareas previas. Son actividades que están capacitados para realizar y que ahorrarían mucho tiempo al técnico que instalara posteriormente dicha tecnología. Además, conseguimos que los beneficiarios se involucren mucho más en el proyecto, haciéndolo suyo, factor vital si queremos que nuestro sistema de calefacción se adapte perfectamente.

Dichas tareas son:

- Excavar o limpiar la zona donde irá situado nuestro Muro Trombe, para ello se deberán dejar marcados los límites de la base del mismo.
- Recoger piedras suficientes para levantar un murete de apoyo de unos 20 – 30cm.
- Recoger piedras pequeñas
- Preparar la mezcla de barro y paja.
- Excavar la zanja donde irá el murete de apoyo.
- Conseguir piedras suficientes como para cubrir toda la superficie de la base del muro.
- Limpiar la pared vertical donde va a ir apoyada la tecnología.
- Convocar a vecinos, amigos o familiares que puedan colaborar en el montaje y que quieran aprender a montarlo.

2.2 Secuencia correcta de actuación

Uno de los errores cometidos en el proceso de implementación del Muro Trombe, en la comunidad de Pucara, fue el orden de las actuaciones realizadas.

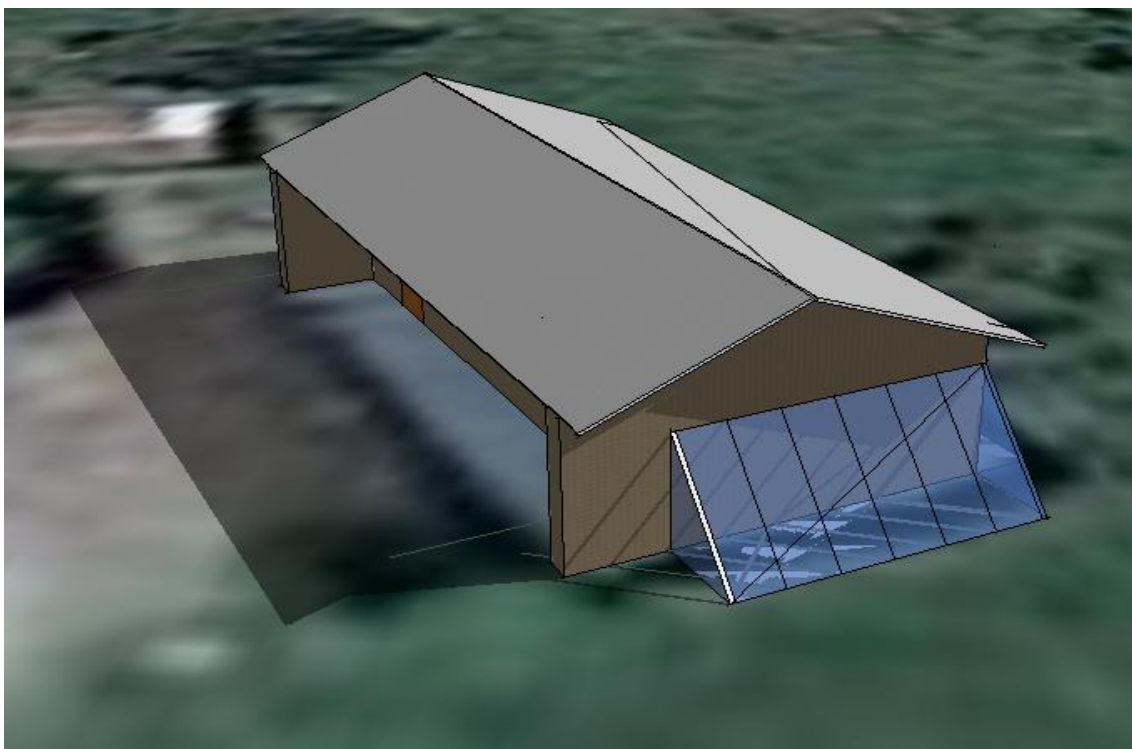
En base a la experiencia adquirida durante la ejecución y a las conclusiones obtenidas de las simulaciones térmicas, podemos establecer la secuencia correcta de acciones para la instalación del calefactor, así como para la optimización del funcionamiento de este. Sería:

- En primer lugar se debe acabar con la máxima cantidad de infiltraciones que sea posible; acristalar ventanas, sustituir vidrios agrietados, sellar (con barro y/o paja) grietas y huecos de paredes, techos y marcos.
- A continuación procederemos a la instalación del Muro Trombe.

- Por último, cuando la temperatura del interior de la habitación sea superior a la temperatura exterior de aire, se realizara el aislamiento térmico. Dicha actuación no tiene sentido hasta que no se cumpla el incremento de temperatura en el interior de la habitación.

2.3 Herramientas y materiales convenientes

- Una sierra de madera de ángulos o una sierra eléctrica, que permita realizar los ángulos que algunas maderas exigen para el montaje con más facilidad, ya que con un serrucho, es muy complicado realizarlos con precisión alguna. Otra opción es buscar una serrería que pueda realizarte los ángulos deseados.
- Un taladro eléctrico o berbiquí, con el que poder introducir los tornillos en las maderas, debido a que la otra opción, que son los clavos, dejan unas uniones mucho más endebles.
- Comprar la arpillera en un solo trozo, para evitar tener que abrir los sacos que hagan falta para cubrir el suelo.
- Toldo o similar, para proteger la obra de posibles precipitaciones. La humedad puede arruinar o entorpecer la instalación.



ANEXO II

SIMULACIÓN DE SOMBREAMIENTOS

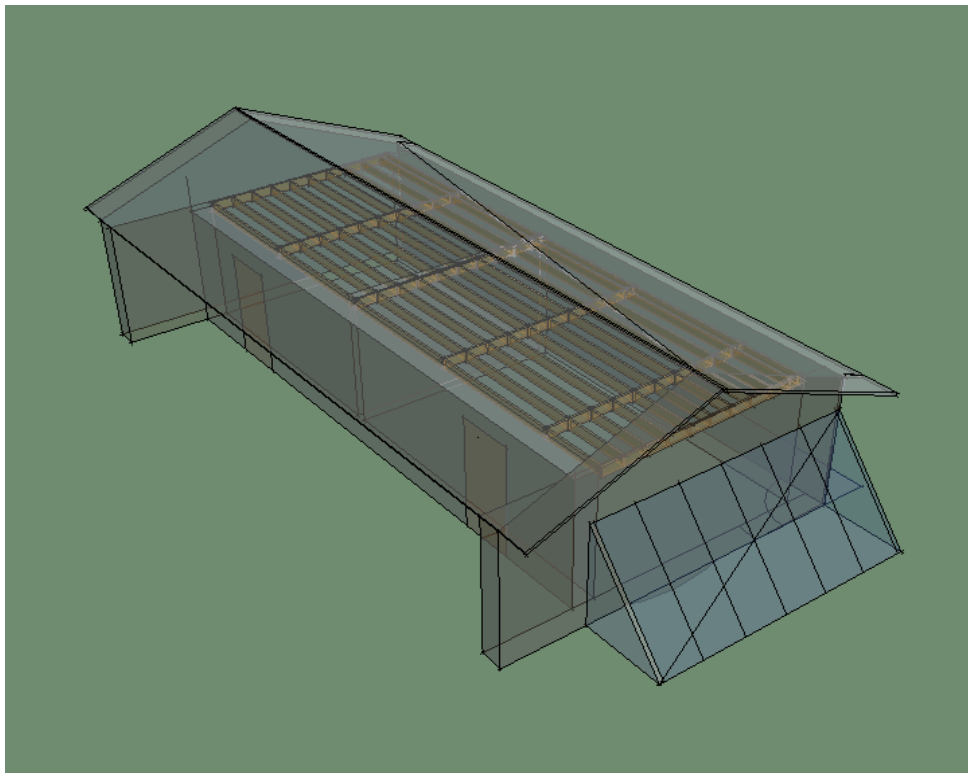
3 Introducción

En este pequeño anexo, simplemente se busca explicar más detalladamente el proceso realizado para la simulación de los sombreadamientos sobre nuestro sistema solar, de modo que podamos evaluar el comportamiento del recurso solar en referencia a nuestro captador.

Esta simulación se ha llevado a cabo, con el software gratuito Google Sketch Up 8 que sirve para modelaciones básicas de edificios, así como para la observación del comportamiento del sol y de la aparición de nieblas, entre otras aplicaciones.

El presente documento solo explica el proceso por el cual, una vez tenemos diseñado nuestro modelo virtual, pasamos al estudio de las sombras en nuestro edificio y nuestro muro Trombe.

El modelo sobre el que vamos a trabajar, es el siguiente:



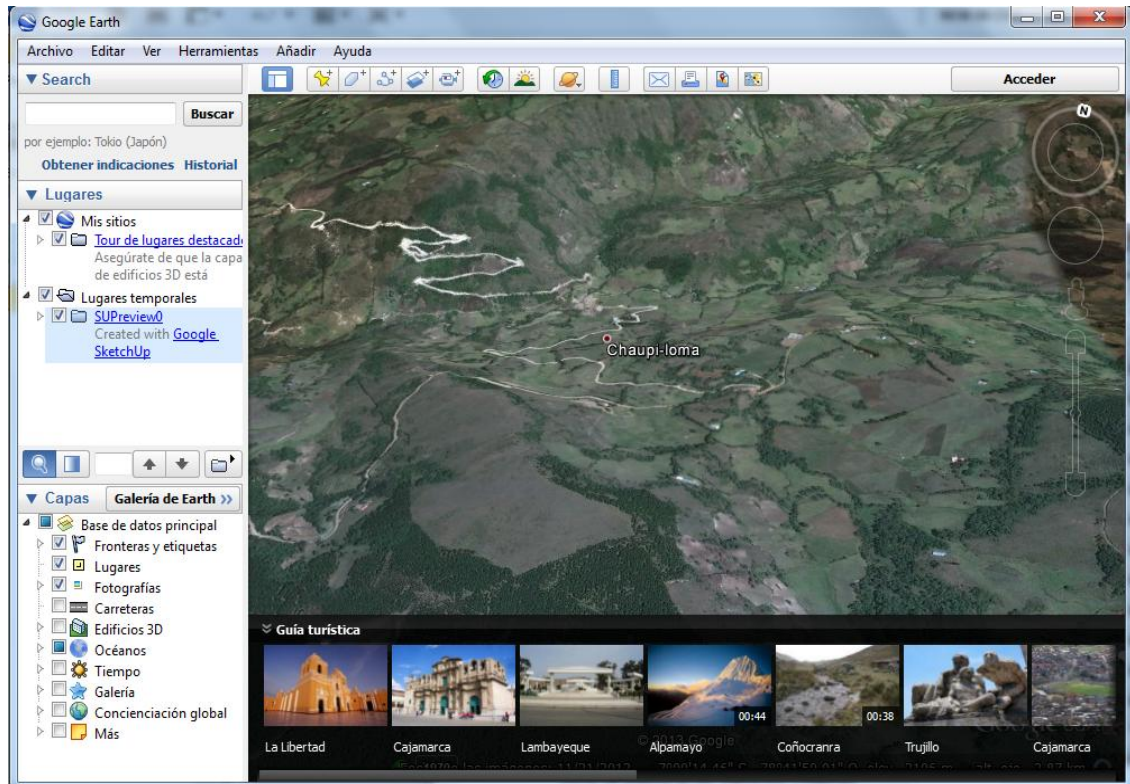
4 Proceso

La evaluación de sombras con Google Sketch Up, es muy simple y muy intuitiva. Pero de todos modos, a continuación se expone el proceso seguido:

Una vez que tenemos nuestro modelo realizado, tenemos que ubicarlo en su localización real, para poder estudiar el comportamiento de las sombras de modo adecuado. Para ello lo más sencillo es importar una localización desde Google Earth, gracias a una función que facilita el programa.

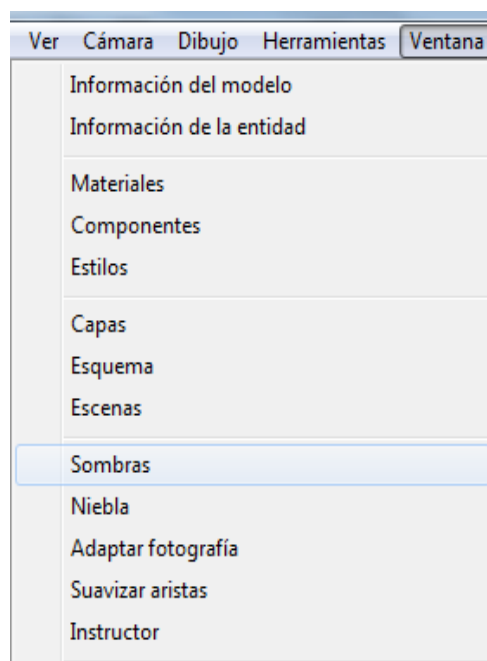
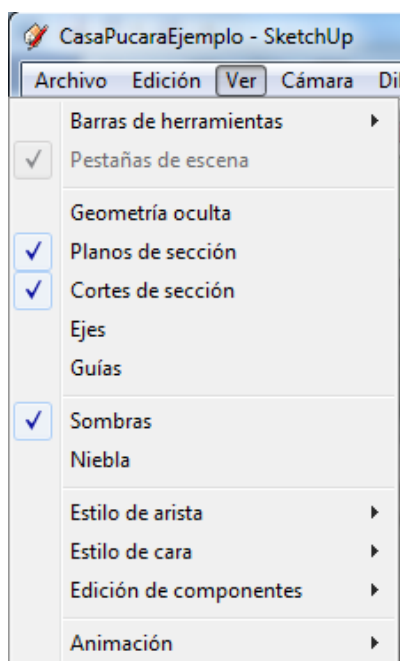


Solo tenemos que buscar nuestra localización exacta, e importarla a nuestro modelo Sketch Up.

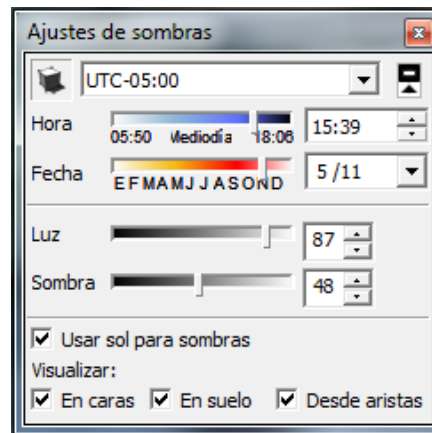


Ahora ya tenemos nuestro modelo en su localización real, y por lo tanto podemos evaluar los sombreamientos en unas condiciones muy próximas a la realidad.

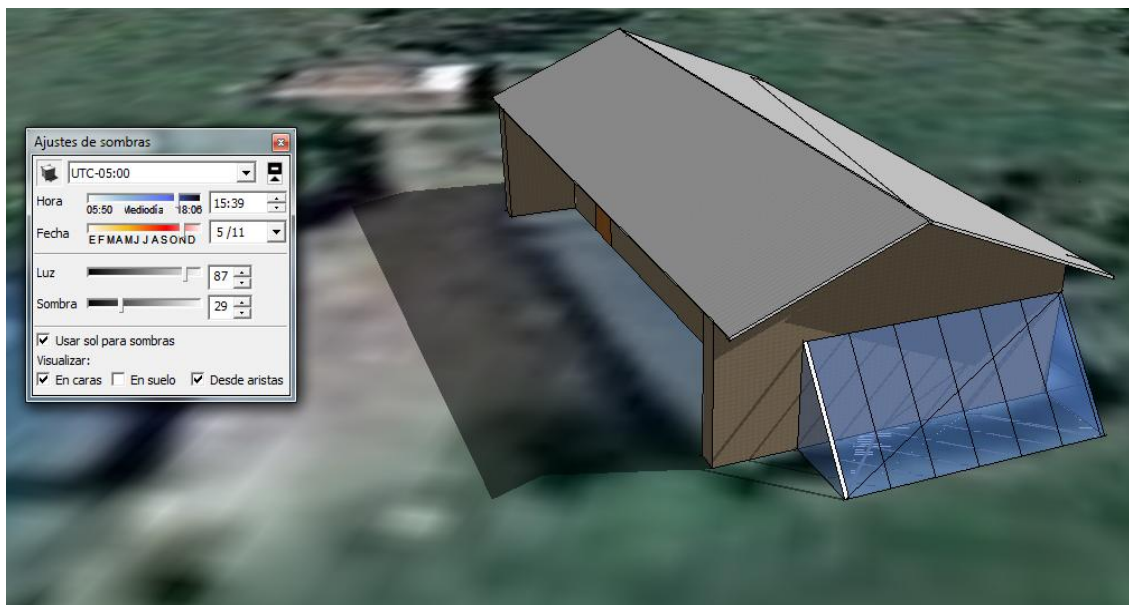
Lo siguiente a hacer es activar la función sombras (Menu-Ver-Sombras) y pedirle al programa que nos muestre la interface con la que poder variar la fecha y el horario en que queremos visualizar la acción de las sombras sobre nuestro captador (Menu-Ventana-Sombras), tal y como se explica en las siguientes imágenes.



De modo que ya tendremos acceso a modificar la interface de control de sombras, donde como ya se ha explicado y se puede ver en la ilustración, se puede modificar; fecha, hora, opacidad de la sombra, luz y algunas otras opciones de visualización.



Ya solo nos queda ir variando estos datos en función de las comprobaciones que se quieran realizar. En nuestro caso hemos realizado dos simulaciones cada dos meses, una por la mañana y otra por la tarde, comprobando que los índices de soleamiento en la superficie de captación son aceptables. El resultado es una visualización como la que sigue, del día 5 de noviembre a las 15:39 horas.





ANEXO III

SIMULACIONES TÉRMICAS DE LA CASA PILOTO CON MURO TROMBE

5 Introducción

Este documento tiene como objetivo explicar más detalladamente como se han realizado los diferentes modelos, así como presentar el proceso de trabajo e hipótesis adquiridas para la correcta realización de las simulaciones térmicas.

Para la simulación del edificio se recogió información durante el mes de septiembre de 2011, en el proceso de evaluación de las distintas casas de la comunidad y la posterior elección y actuación (5-7 octubre 2011) reduciendo infiltraciones e instalando el primer Muro Trombe Invernadero de la comunidad.

Para la modelización matemática se utilizó el programa DESIGN BUILDER 2.3.6.005 con el motor de cálculo ENERGY PLUS 6.0.0.023. En la simulación del edificio se optó por la “VENTILACIÓN CALCULADA” con el fin de evaluar la ventilación natural a través de infiltraciones, puertas, huecos de ventanas y las posteriores rejillas del invernadero. A partir de este modelo, se evaluó la evolución de temperaturas en dos semanas significativas (1-7 de enero, 1-7 de agosto (**Pto. 4.1**)). Así mismo, se realizó un análisis CFD del dormitorio para observar el movimiento del aire y la distribución de velocidades y temperaturas en un momento específico de funcionamiento del invernadero (14:00, 1 de enero). A continuación se exponen las hipótesis de trabajo más relevantes de la modelización:

A partir de los datos de promedios de temperaturas de la GRANJA PORCÓN, a pocos kilómetros de Pucará, en el ATLAS SOLAR DEL PERÚ elaborado por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) y el DEP-MEM (Ministerio de Energía y Minas) y ante la imposibilidad de conseguir datos horarios representativos, se tomaron los datos del IWECC (International Weather for Energy Calculation) para clima andino en la zona del Cuzco con características similares, modificando la latitud para el correcto cálculo de sombreamientos.

El edificio tiene dos habitáculos en planta baja y dos gateras en la parte superior. Las gateras tan solo se usan como almacén para objetos en desuso y no existe ningún tipo de producción de calor en el interior.

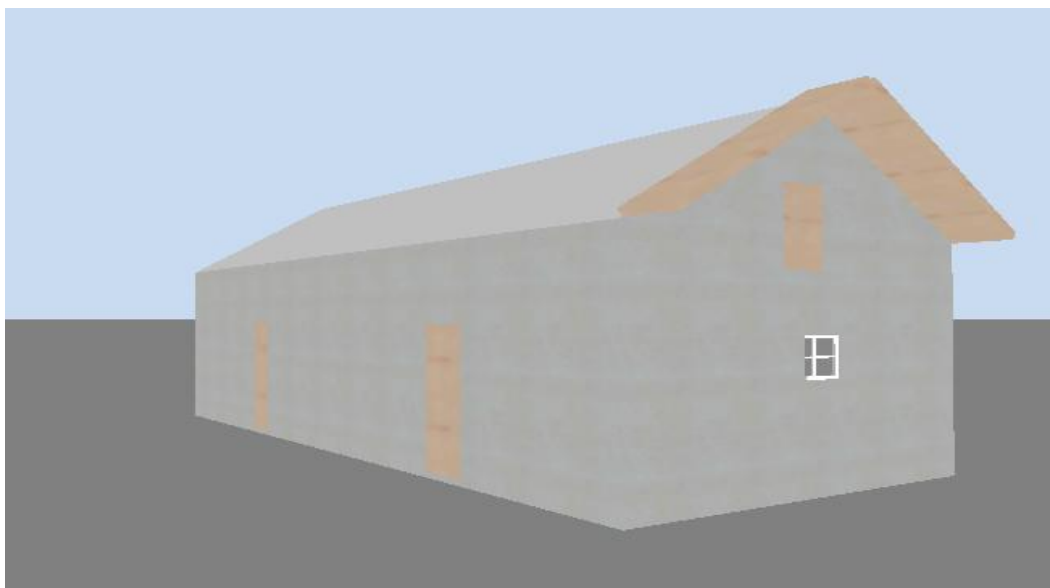
En primer lugar vamos a presentar la elaboración del edificio tipo, sobre el que se realizarán las diferentes modificaciones en función del caso de estudio. Una vez se exponga el modelo piloto, en los casos sucesivos solo se explicarán los cambios significativos realizados en el modelo a fin de asemejarse a la situación real, ya que se va a trabajar siempre sobre una misma base de diseño.

6 CASOS DE ESTUDIO

6.1 CASO I: CASA SIN INTERVENIR

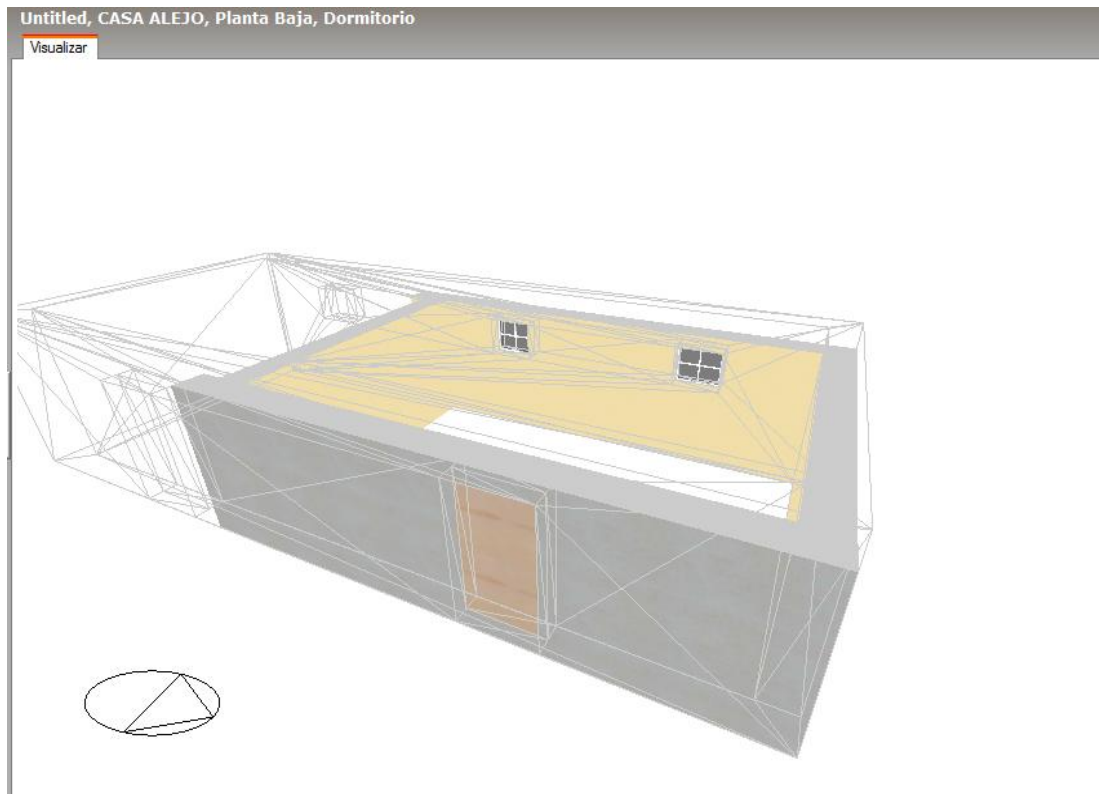
6.1.1 Modelo

El edificio tiene dos habitáculos en planta baja y dos gateras en la parte superior. Las gateras tan solo se usan como almacén para objetos en desuso y no existe ningún tipo de producción de calor en el interior.

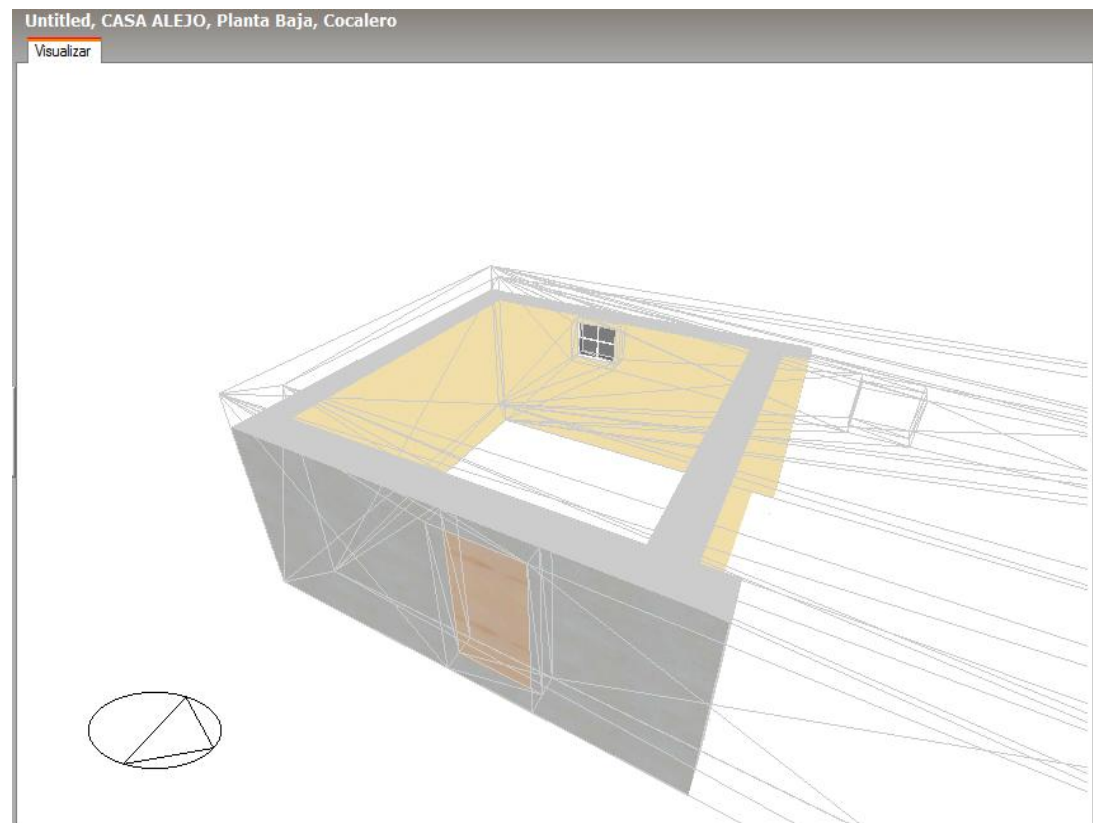


A continuaban a mostrar cada uno de los modelos simulados, así como se exponen las representaciones de cada una de las estancias de la vivienda por separado.

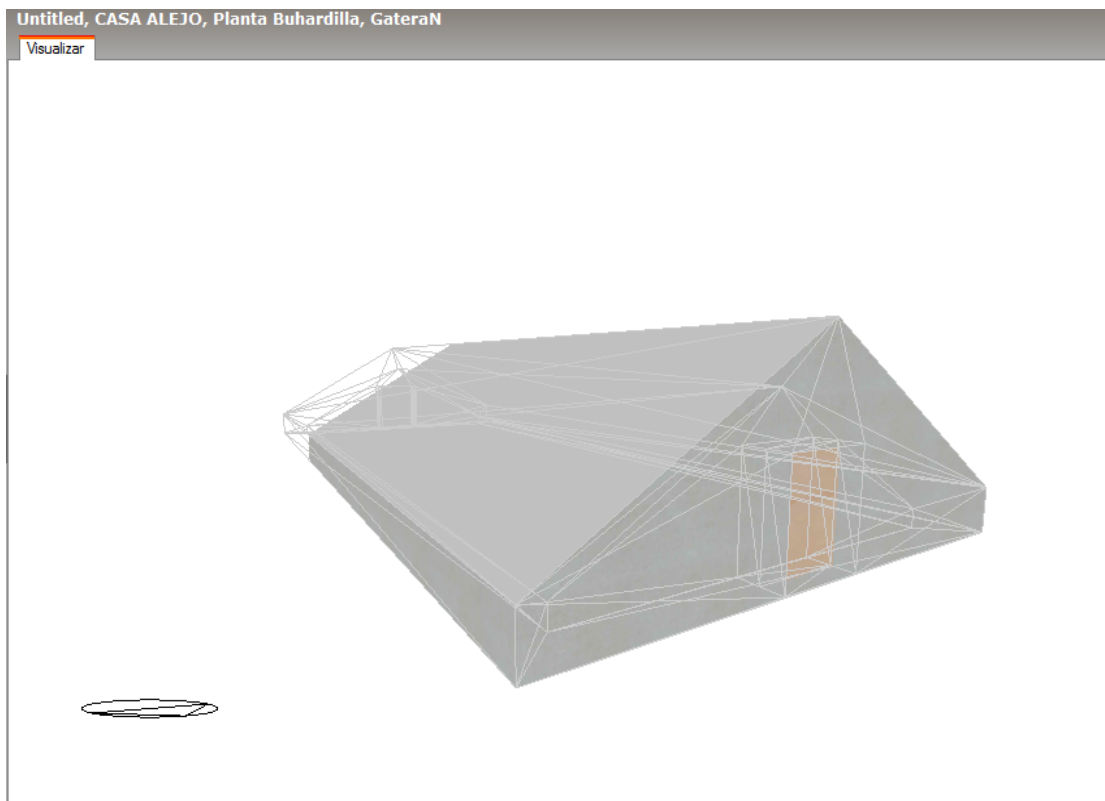
Dormitorio



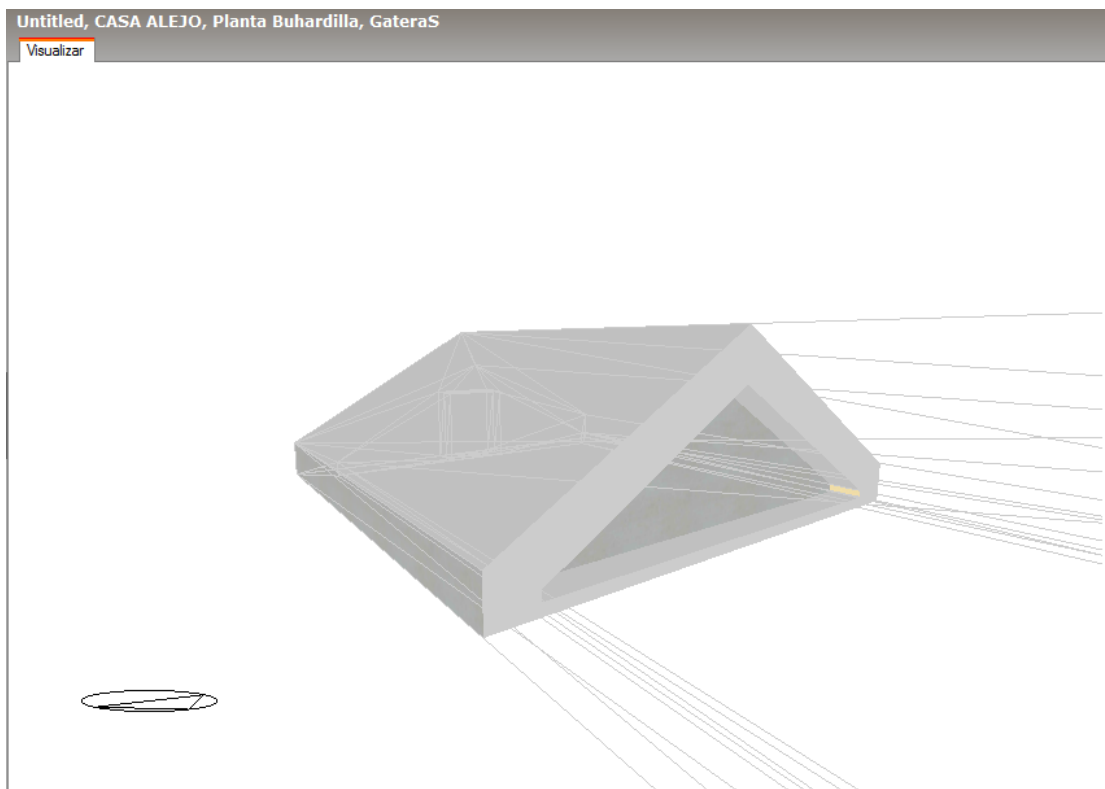
Sala de estar



Buhardilla 1



Buhardilla 2



6.1.2 Características

Cerramientos

El caserío se asienta directamente sobre el terreno, los muros de carga son de adobe con un grosor medio de 40cm. La conductividad estimada es de 0,8 W/mK. El forjado de separación con las gateras está formado por 2 centímetros de cañizo y 3 de una mezcla de tierra y paja (Adobe).

Editar material - Adobe

Materiales Datos

General | Propiedades superficiales | Cubierta verde | Carbón incorporado

General

Nombre: **Adobe**

Descripción:

Fuente:

Categoría: Arenas, piedras y tierras

Región: General

Grosor predeterminado (m): 0,4000

Propiedades detalladas

Propiedades de masa térmica global

Conductividad (W/m-K): 0,800

Calor específico (J/kg-K): 1000,0000

Densidad (kg/m3): 1300,00

Resistencia (valor R)

La cubierta es una calamina metálica de apenas 2mm de espesor y con una estanqueidad al aire que estimamos muy pobre.

Cerramientos | Aberturas | CFD | Opciones

Plantilla de cerramientos: Project Part L2 2006, Medium weight

Cerramientos: Calamina

Cubiertas inclinadas (sin ocupación): Calamina

Sub-superficies: >>

Adyacencia: >>

Convección superficial: >>

Estanqueidad al aire: >>

☒ Modelar infiltración

Plantilla de grietas: Muy pobre | Pobre | Medio | Bueno | Excelente

Aberturas

En el momento de la intervención, las ventanas no tienen acristalamiento y tan solo hay huecos que están parcialmente cubiertos con algunos adobes y un saco. Se han estimado de unos 75cm por 50cm y para la simulación se han acristalado con Sgl Clr de 6mm de espesor, y se ha programado su funcionamiento para que este el 85% del día abierto, intentando aproximarnos a la situación real.

Aberturas CFD Opciones

Ventanas exteriores

Tipo de acristalamiento Sgl Clr 6mm

Dimensiones

Reborde

Profundidad del reborde interior (m) 0,000

Profundidad del alféizar interior (m) 0,000

Marco y Divisores

Sombreado

Funcionamiento

% de área de apertura de acristalamiento 85,0

Programación de funcionamiento SIEMPREABIERTO

La puerta, 1,8m por 1m, permanece abierta durante todo el día. Solo se cierra en horario nocturno con un muy bajo nivel de estanqueidad. Se estima un área de apertura del 95%, durante el día la puerta está abierta el 90% del tiempo y por la noche permanece cerrada.

Aberturas CFD Opciones

Puertas

Exterior

Funcionamiento

% de área de apertura de puerta 95

% de tiempo en que la puerta esta ... 90

Programación de funcionamiento NOCHESCERRADO

Se programa el funcionamiento con “Nochecerrado”, que tal y como se ve en la siguiente ilustración.

Editar programación - NOCHESCERRADO

Programaciones Datos

General

General

Nombre NOCHESCERRADO

Descripción

Fuente Propia

Categoría VIVIENDA

Región General

Tipo de horario 2-Programación Compacta

Perfiles

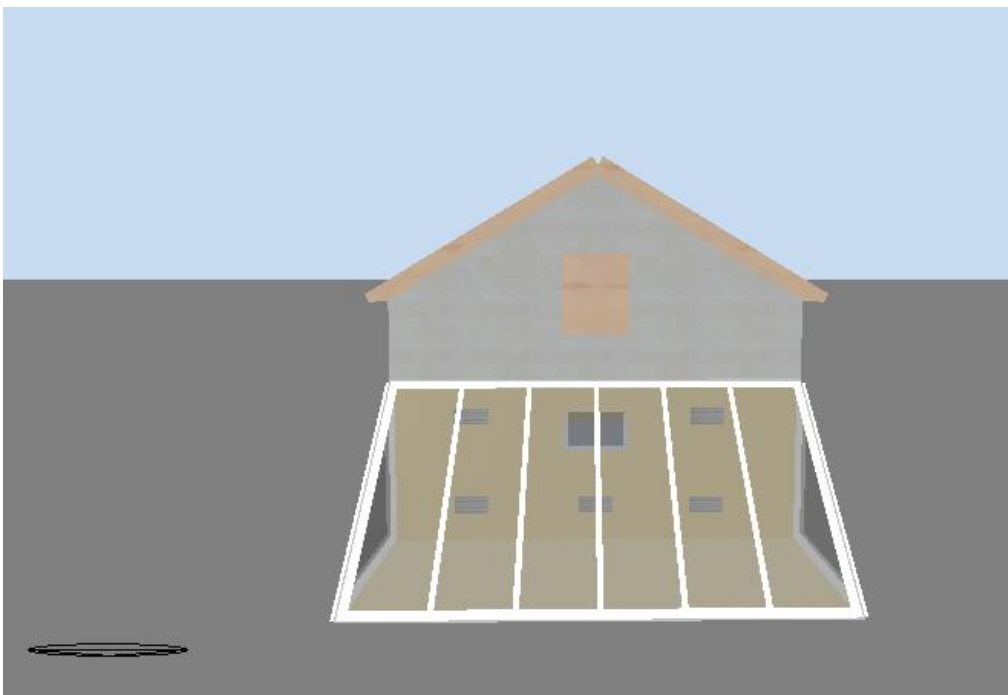
Schedule: Compact,
Dwell_DomBath_Cool,
Temperature,
Through: 31 Dec.
For: Weekdays SummerDesignDay,
Until: 7:00, 0.01,
Until: 20:00, 1,
Until: 24:00, 0.01,
For: Weekends,
Until: 7:00, 0.01,
Until: 20:00, 1,
Until: 24:00, 0.01,
For: Holidays,
Until: 7:00, 0.01,
Until: 20:00, 1,
Until: 24:00, 0.01,

El nivel general de estanqueidad es muy bajo. Existen grietas visibles en el forjado que serán tratadas con una mezcla de barro y paja durante la intervención, así como el encaje entre los marcos de puertas y huecos con el muro de adobe. Energy Plus estima la renovación del aire, como suma de infiltraciones y la abundante ventilación natural, fruto de la casi continua apertura de los huecos, la acción del viento y la diferencia de temperatura con el exterior.

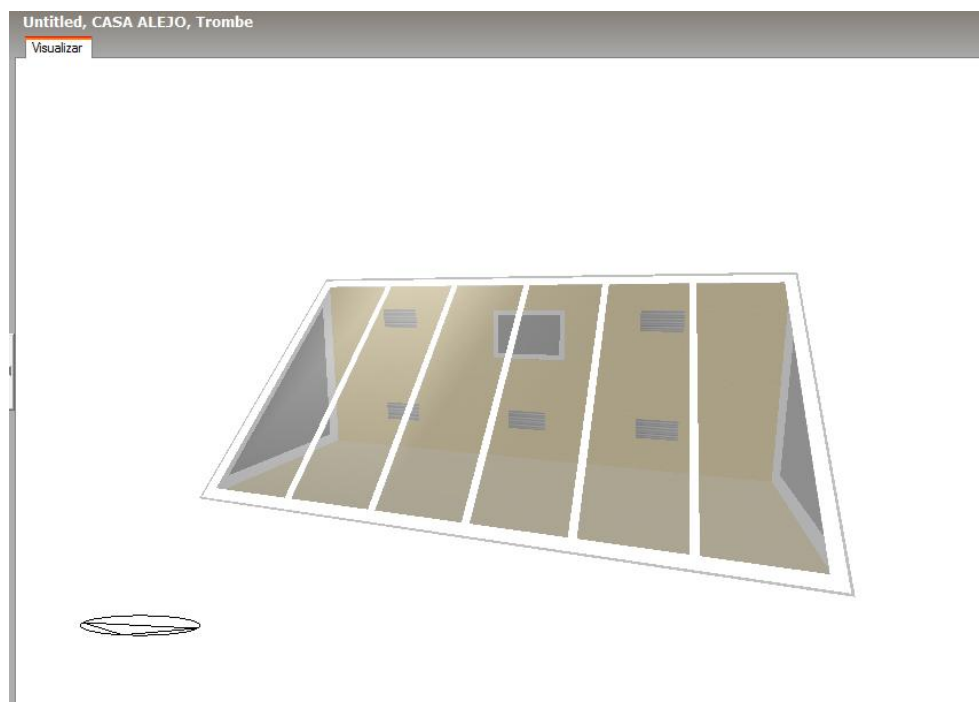
6.2 CASO II: CASA CON CALEFACTOR SOLAR

En este modelo se simula el aporte calorífico del Muro Trombe Invernadero, tratando de emular la realidad térmica de la intervención en el caserío. En Este modelo, sin embargo, no se tiene en cuenta el cambio de hábitos en el uso de los huecos ni su sellado. Con este modelo se pretende conocer el efecto del invernadero sin un uso correcto del mismo.

6.2.1 Modelo



Calefactor solar



6.2.2 Características

Cerramientos:

El muro instalado consta de un plástico AGRO-FILM clavado con jebe sobre una estructura de madera en forma de triángulo que forma 50° con el terreno.

Acristalamiento Datos

Capas Calculado

General

Nombre Agrofilm PE

Descripción

Fuente Propia

Categoría Sencillo

Región General

Método de definición

Método de definición 1-Material layers

Capas

Número de capas 1

Vidrio exterior

☐ Tipo de hoja Plastico

☐ Voltear capa

Para la transmisión solar directa se considerada un valor conservador de 0,47.

Acristalamiento Datos

Capas Calculado

Valores Calculados

Transmisión solar total (SHGC)	0,61
Transmisión solar directa	0,475
Transmisión de luz	0,581
Valor-U (EN 673) (W/m2-K)	5,718
Valor U (W/m2-K)	5,778

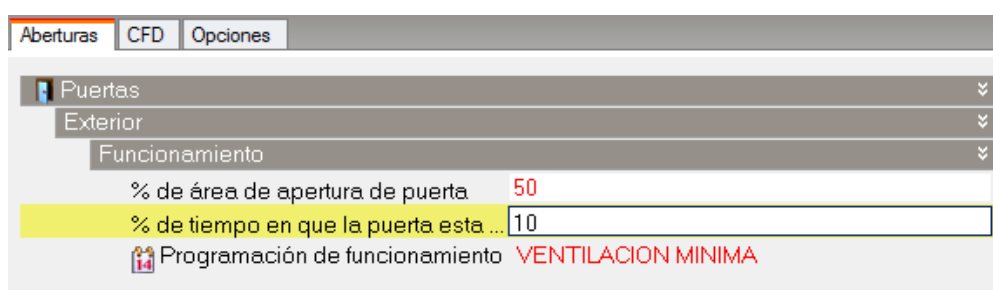
6.3 CASO III : CASA CON CALEFACTOR SOLAR Y SELLADA

Para este caso no se han necesitado realizar ninguna modificación estructural, tan solo un buen uso del calefactor, con sellado de huecos y uso correcto de puertas y ventanas, estableciendo una apertura de una hora a las 12:00 para ventilación.

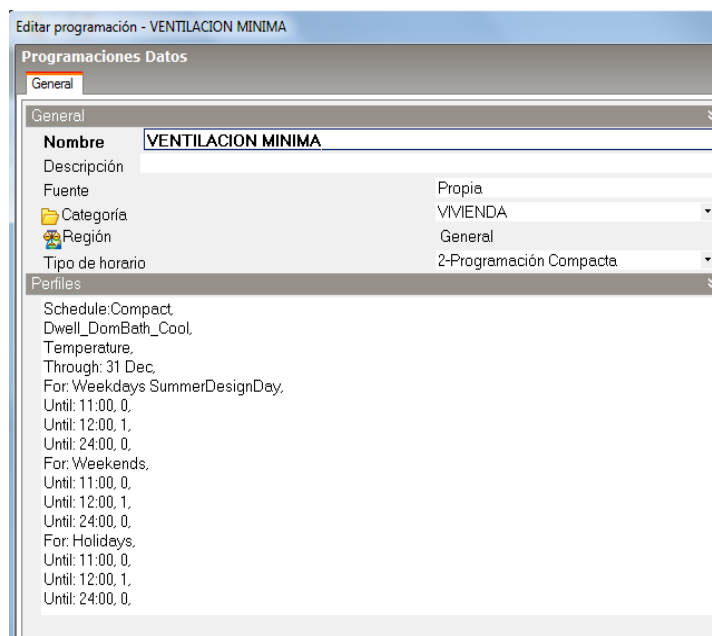
6.3.1 Características

Aberturas:

Se ha simulado un mejor uso de las puertas, disminuyendo el área de apertura hasta el 50 % y el tiempo que la puerta está abierta, se restringe al mínimo necesario, que se estima en el 10% del total (siendo bastante permisivos).



Además se programa el funcionamiento con Ventilación Mínima, que tal y como se ve en la siguiente ilustración, simula la apertura de la puerta durante una hora de 11 a 12, para ventilación.



Del mismo modo, las ventanas van estar menos tiempo abiertas, y se procede como ya se ha explicado en el apartado anterior.

Aberturas CFD Opciones

Ventanas exteriores

Tipo de acristalamiento Sgl Clr 6mm

Dimensiones >>

Marco y Divisores >>

Sombreado >>

Funcionamiento >>

% de área de apertura de acristalamiento 20,0

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Programación de funcionamiento SIEMPRECERRADO

6.4 CASO IV: CASA CON CALEFACTOR, SELLADA Y AISLADA

6.4.1 Características

Cerramientos:

Se perfecciona el aislamiento de muros y forjado del modelo anterior. A los muros de adobe se les añade una capa de paja (0,11W/mK) de 15cm apoyada en un entramado ligero de madera. En el forjado se incrementa el espesor de la capa tierra-paja de 3 a 15 cm. La mejora redonda en una leve reducción de las infiltraciones en el dormitorio.

Cerramientos Datos

Capas Propiedades superficiales Imagen Calculado

General

Nombre Adobe

Fuente

Categoría Muros exteriores

Región General

Capas

Número de capas 2

Capa más externa

Material Adobe

Grosor (m) 0,4000

☐ ¿Con puente térmico?

Capa más interna

Material Paja

Grosor (m) 0,1500

☐ ¿Con puente térmico?

Editar material - Paja

Materiales Datos

General Propiedades superficiales Cubierta verde Carbón incorporado

General

Nombre Paja

Descripción

Fuente CIBSE Guide A (2006)

Categoría Materiales aislantes

Región General

Grosor predeterminado (m) 0,0100

Propiedades detalladas

Propiedades de masa térmica global

Conductividad (W/m-K) 0,110

Calor específico (J/kg-K) 1000,0000

Densidad (kg/m3) 700,00

Resistencia (valor R)

7 SIMULACIONES

Para realizar las simulaciones de cada uno de los modelos hemos utilizado el motor de cálculo ENERGY PLUS, antes citado.

Para determinar la longitud del estudio y los intervalos a mostrar en los resultados, se han introducido los rangos datos pertinentes en la siguiente ventana.

The screenshot shows the 'Editar Opciones de Cálculo' window with the 'Opciones de Cálculo Datos' tab selected. The 'General' sub-tab is active. The window contains the following fields and options:

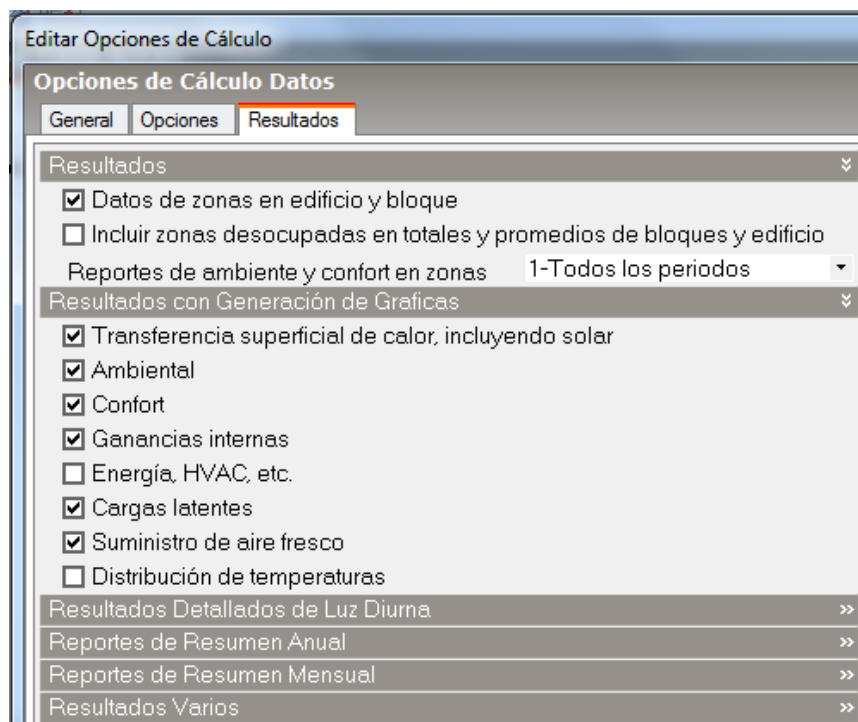
- Descripción del Cálculo:** A text input field.
- Periodo de simulación:**
 - Desde:**
 - Día de inicio: 1
 - Mes de inicio: Ene
 - Hasta:**
 - Día final: 31
 - Mes final: Dic
- Intervalos de resultados para reportes:**
 - ☒ Mensual y anual
 - ☒ Diario
 - ☒ Horario
 - ☐ Sub-horario

También se deben controlar otras variables como la distribución solar, temperaturas a mostrar...

The screenshot shows the 'Editar Opciones de Cálculo' window with the 'Opciones de Cálculo Datos' tab selected. The 'Opciones' sub-tab is active. The window contains the following fields and options:

- Opciones de cálculo:**
 - Método de simulación: 1-EnergyPlus
 - Etapas por hora: 2
 - Tipo de control de la temperatura: 2-Temperatura Operativa
- Solar:**
 - ☐ Incluir todos los edificios en el cálculo de sombreamiento
 - ☐ Modelar reflexiones, así como la obstrucción de la radiación solar sobre ...
 - Distribución solar: 3-Completa interior y exterior
 - ☐ ¿Verificar la existencia de zonas no convexas?
 - Intervalo de sombreado (días): 20
- Avanzado:** A button to expand further options.

Y por último determinar los resultados que queremos conocer de la futura simulación, en nuestro caso nos interesa principalmente el confort térmico en el interior de la vivienda.



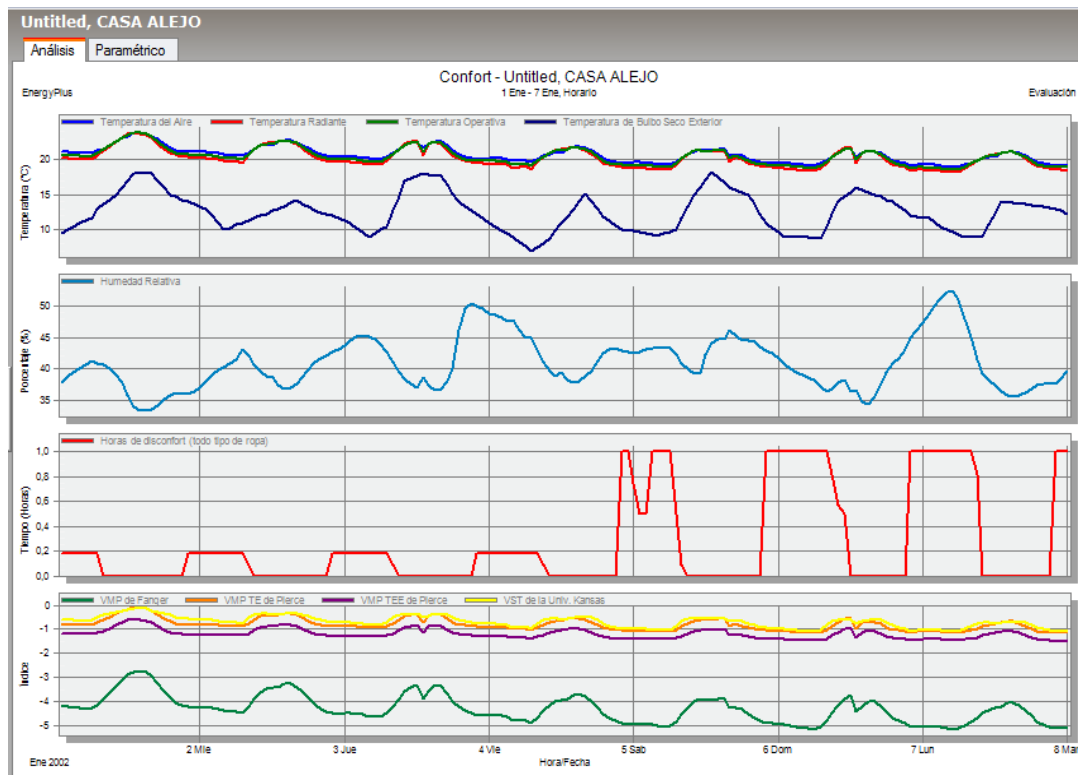
Hemos procedido a realizar la simulación térmica del dormitorio en tres periodos distintos:

- Evolución mensual de temperaturas media, radiante y operativa del dormitorio en contraste con la temperatura exterior.
- Evolución horaria de temperaturas durante la primera semana de enero.
- Evolución horaria de temperaturas durante la primera semana de julio.

Una vez realizadas las simulaciones obtenemos una tabla con las temperaturas de interés y la gráfica correspondiente a la evolución de las mismas.

Fecha/Hora	Temperatu...	Temperatu...	Temperatu...	Temperatu...	Humedad...	Horas de d...	VMP de Fa...	VMP TE d...	VMP TEE ...	VST de la ...
01/01/2002 1:00:...	21,14814	20,25794	20,70304	9,6	37,86269	0,1776202	-4,163959	-0,781146	-1,195302	-0,5896618
01/01/2002 2:00:...	21,03139	20,16619	20,59879	10	38,8395	0,1776202	-4,21554	-0,7933728	-1,203265	-0,6151535
01/01/2002 3:00:...	20,96429	20,09213	20,52821	10,5	39,42725	0,1776202	-4,247386	-0,8015912	-1,208582	-0,6325729
01/01/2002 4:00:...	20,9185	20,05179	20,48514	11	40,01081	0,1776202	-4,268109	-0,8051202	-1,210568	-0,6421642
01/01/2002 5:00:...	20,88304	20,00896	20,446	11,4	40,69743	0,1776202	-4,281746	-0,8070216	-1,211206	-0,6504827
01/01/2002 6:00:...	20,91131	20,09427	20,50279	11,7	41,20079	0,1776202	-4,266576	-0,7941006	-1,201642	-0,6309623
01/01/2002 7:00:...	21,21559	20,58728	20,90144	13	40,88793	0,1776202	-4,115007	-0,7221485	-1,147443	-0,5163177
01/01/2002 8:00:...	21,54764	21,24415	21,3959	13,7	40,71441	0	-3,874456	-0,6208957	-1,069248	-0,3844688
01/01/2002 9:00:...	22,04684	21,88565	21,96625	14,3	39,97691	0	-3,625998	-0,4797986	-0,9500062	-0,3189708
01/01/2002 10:0:...	22,47792	22,53117	22,50455	15	39,12166	0	-3,348599	-0,3520611	-0,8222128	-0,3137749
01/01/2002 11:0:...	23,03202	23,14445	23,08824	16	37,79099	0	-3,080112	-0,2330928	-0,7029086	-0,2377707
01/01/2002 12:0:...	23,29503	23,57726	23,43614	17	35,78263	0	-2,874292	-0,1633855	-0,6288729	-0,1596103
01/01/2002 13:0:...	23,74001	23,7975	23,76875	18	33,91759	0	-2,748217	-0,1017799	-0,5700157	-0,1066336
01/01/2002 14:0:...	23,77662	23,71372	23,74517	18	33,48315	0	-2,712574	-0,1151452	-0,5827776	-0,1120613
01/01/2002 15:0:...	23,64798	23,47511	23,56154	18	33,42216	0	-2,787472	-0,157295	-0,6344019	-0,1478958
01/01/2002 16:0:...	23,35554	23,03658	23,19606	18	33,57661	0	-2,949359	-0,2535268	-0,727479	-0,2506394
01/01/2002 17:0:...	22,858	22,22142	22,53971	17	34,2215	0	-3,237869	-0,3878719	-0,863298	-0,3026905
01/01/2002 18:0:...	22,22427	21,45676	21,84052	16	35,13333	0	-3,567931	-0,5626358	-1,023937	-0,3393486
01/01/2002 19:0:...	21,68316	20,94108	21,31212	15	35,91012	0	-3,834704	-0,682851	-1,121382	-0,4205553
01/01/2002 20:0:...	21,31241	20,65544	20,98392	14,7	36,18577	0	-4,023439	-0,7515066	-1,174131	-0,4968352
01/01/2002 21:0:...	21,11451	20,46604	20,79027	14,3	36,05446	0	-4,135365	-0,7914305	-1,204167	-0,5491925
01/01/2002 22:0:...	21,04635	20,33585	20,6911	14	36,03114	0,1776202	-4,202727	-0,8097638	-1,22224	-0,5788634
01/01/2002 23:0:...	21,03267	20,25112	20,6419	13,7	36,39081	0,1776202	-4,228098	-0,8151051	-1,225197	-0,5944586
02/01/2002	21,10958	20,20527	20,65743	13,3	37,07343	0,1776202	-4,226343	-0,8041798	-1,215352	-0,59356
02/01/2002 1:00:...	21,0744	20,15695	20,61567	13	38,12721	0,1776202	-4,217528	-0,8019239	-1,21196	-0,6042185
02/01/2002 2:00:...	20,97926	20,06205	20,52065	12	39,02511	0,1776202	-4,249312	-0,8118096	-1,217988	-0,6282645
02/01/2002 3:00:...	20,84882	19,93747	20,39315	11	39,78749	0,1776202	-4,300742	-0,8286734	-1,229347	-0,6610945
02/01/2002 4:00:...	20,70795	19,80516	20,25655	10	40,36007	0,1776202	-4,361912	-0,8484734	-1,243116	-0,6964597

Los datos de esta tabla pueden ser exportados a un documento Excell con el propio programa, de manera que luego puedan tratarse en función de los que se pretenda exponer o demostrar.



Este es todo el proceso que permite recabar los resultados expuestos en el documento principal. Además luego podremos reflejar infinidad de aspectos, comparar unos modelos con otros, buscar patrones comunes, entre otras muchas opciones.