



# MANUAL DE USUARIO:

## 3.1 PROGRAMA DE REDISTRIBUCIÓN RADIANTE



Red  
Rad



## Tabla de contenido

1. Objetivo .....	2
2. Alcance .....	2
3. Metodología .....	2
4. Requerimientos del sistema e instalación del programa .....	3
5. Ficheros de entrada necesarios para el funcionamiento del programa .....	4
5.1 Fichero de entrada geometria.txt .....	4
5.2 Fichero de entrada bulb1.txt.....	5
6. Estructura visual de la aplicación .....	6
6.1 Introducir datos generales .....	7
6.2 Orientación de ventanas .....	8
6.3 Reflectividades de superficies.....	9
6.4 Ángulo de giro .....	10
6.5 Guardar como .....	11
6.6 Calcular.....	12
7. Ejemplo de cálculo .....	13
7.1 Espacio ejemplo .....	13
7.2 Escenario 1: Meses de verano y reflectividades iguales a 0.3 .....	15
7.3 Escenario 2: Meses de verano y reflectividades iguales a 0 .....	18
7.4 Escenario 3: Meses de invierno y reflectividades iguales a 0.3 .....	19

## 1. Objetivo

Este manual pretende ofrecer al usuario del programa de redistribución radiante una guía rápida y precisa de uso de dicha herramienta.

Este manual no explica acerca de las ecuaciones usadas para obtener los resultados, ni los métodos numéricos usados para la resolución de las ecuaciones.

## 2. Alcance

El Software es aplicable a cualquier espacio que contenga menos de 4 ventanas, y 12 superficies opacas.

## 3. Metodología

El programa permite conocer la redistribución radiante en un espacio cerrado que entra por cada ventana y alcanza a cada una de las superficies. El siguiente esquema muestra la metodología de cálculo llevada a cabo por el programa:

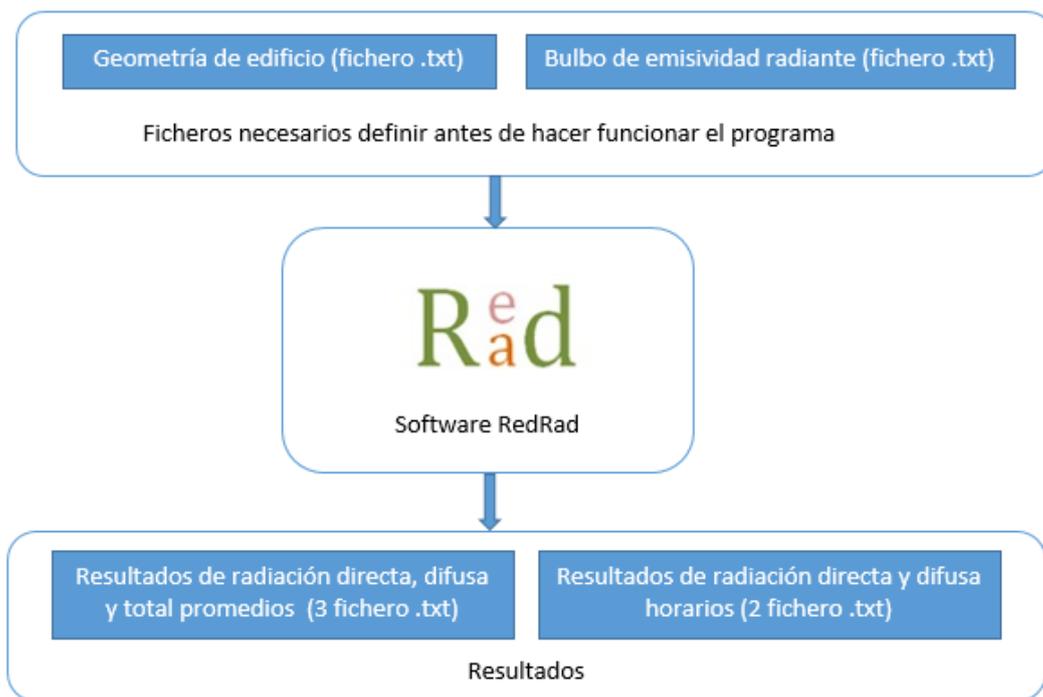


Ilustración 1: Esquema de metodología de cálculo

Más información acerca de los ficheros de entrada y salida incluidos en el esquema anterior se encuentra en el apartado 5.



## 4. Requerimientos del sistema e instalación del programa

Para arrancar por primera vez el programa, no es necesario realizar ninguna instalación. El icono del programa es el de una hoja Excel, y al hacer doble click sobre este se ejecuta el programa.

Para poder abrir el programa y que este funcione correctamente son necesarios los siguientes requerimientos:

- Tener instalado la versión de Microsoft Excel 2003 o superior.
- Poner el punto como separación decimal en la configuración regional e idioma del sistema tal y como se indica a continuación:

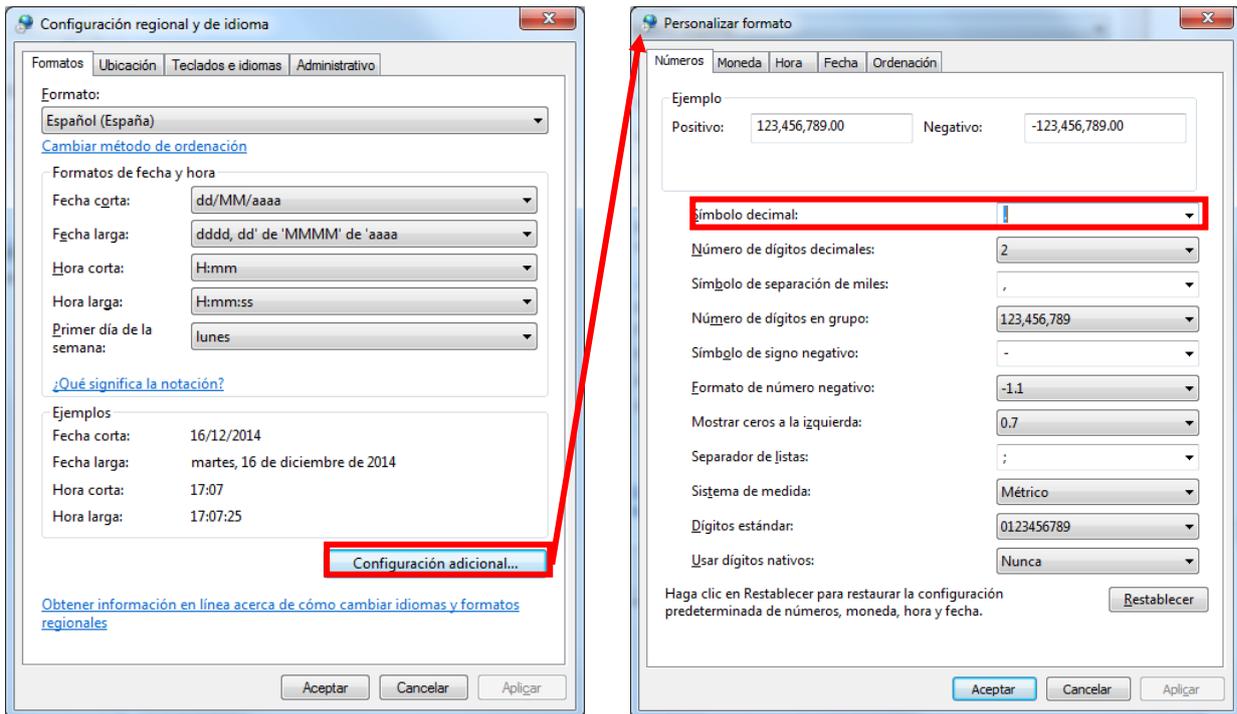


Ilustración 2: Configuración regional y de idioma

## 5. Ficheros de entrada necesarios para el funcionamiento del programa

Para que el programa pueda funcionar correctamente sin dar errores de cálculo, es necesario que el usuario defina anteriormente en un fichero TXT la geometría del espacio y el bulbo de emisividades. En este apartado se muestra la composición de estos ficheros.

### 5.1 Fichero de entrada geometria.txt

Este fichero contiene la geometría del espacio que se quiere simular. Las características de este fichero se enumeran a continuación:

- Cada superficie viene representada por cuatro puntos, definidos en sentido antihorario. Y cada uno de los puntos viene dado por 3 coordenadas (x, y, z)
- Las primeras superficies son las ventanas (puede haber un máximo de 3).
- El máximo número de superficies permitidas contando las ventanas es de 15.

Se recomienda definir el espacio orientado al sur por facilidad a la hora de introducir las coordenadas. El programa permite introducir el ángulo de giro, haciendo esta operación automáticamente.

La siguiente figura muestra un ejemplo de un fichero de texto geometría.txt:

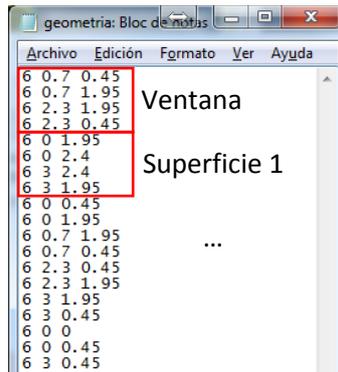


Ilustración 3: Fichero de texto geometria.txt

## 5.2 Fichero de entrada bulb1.txt

Este fichero contiene el bulbo de emisión, expresando la probabilidad que existe para cada ángulo de elevación de que un rayo sea emitido en esa dirección. Se supone que para un cierto ángulo de elevación, los valores del bulbo se mantienen constante en el ángulo azimutal.

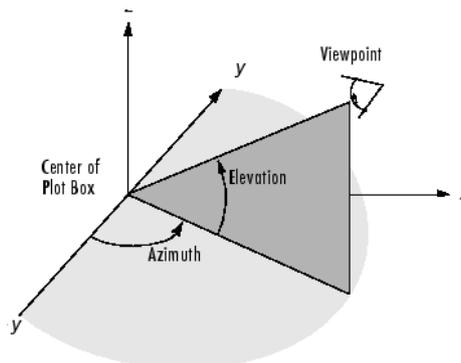


Ilustración 4: Ángulo azimutal y de elevación

La siguiente figura muestra el fichero de bulb1.txt

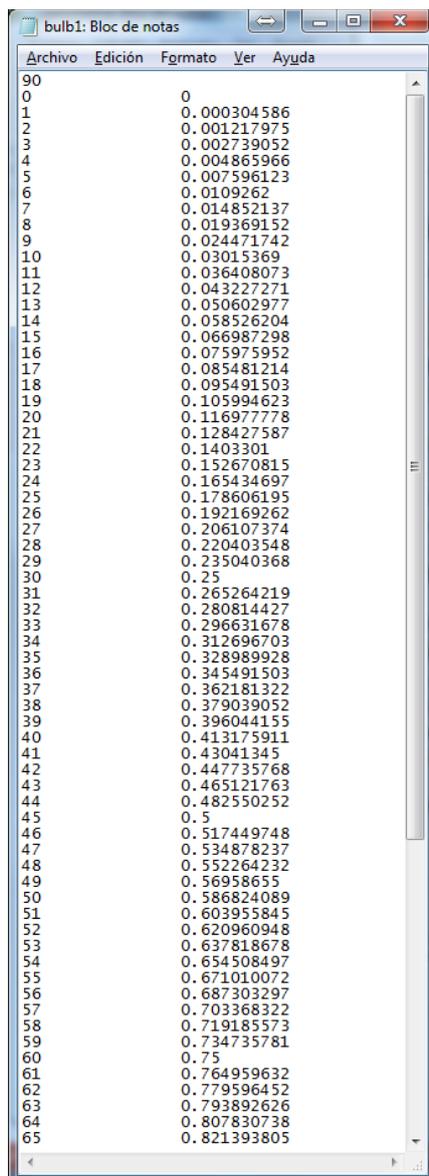


Ilustración 5: Fichero de texto bulb1.txt

Este fichero viene ya incluido en la carpeta donde se encuentra el programa, y se recomienda no modificarlo salvo que el usuario tenga los conocimientos necesarios para introducir su propio bulbo de emisiones.

## 6. Estructura visual de la aplicación

Una vez abierto el programa, el usuario verá la pantalla que se muestra en la siguiente figura:

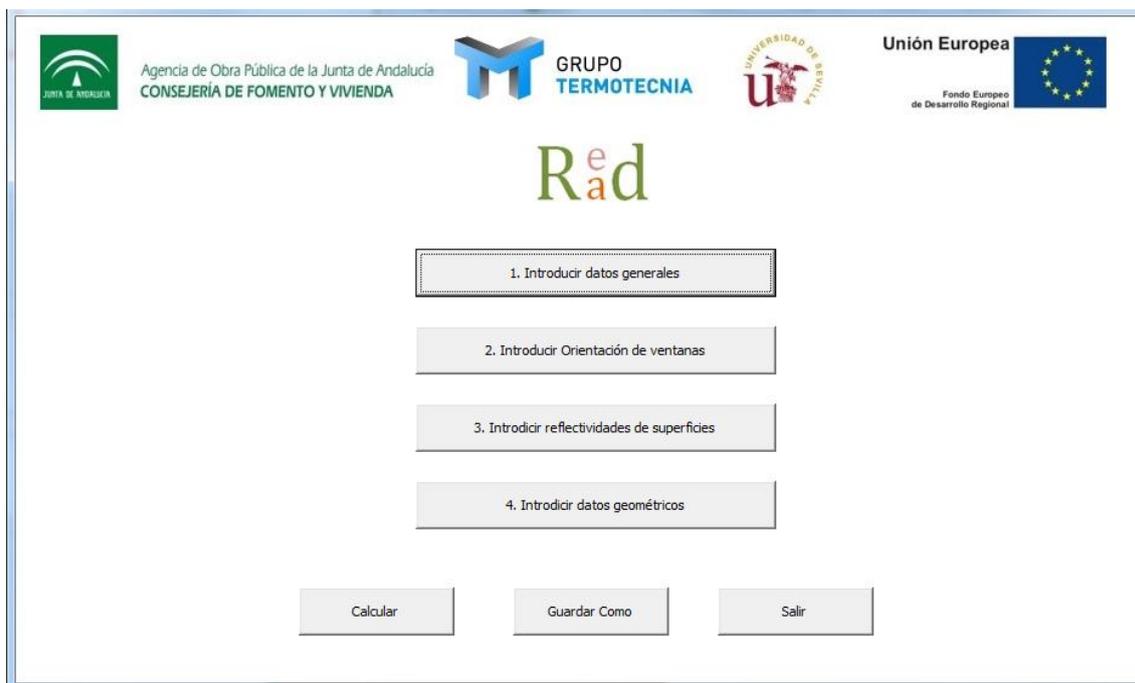


Ilustración 6: Pantalla principal del programa RedRad

Para que el programa funcione correctamente, el usuario debe seguir los siguientes pasos:

### 6.1 Introducir datos generales

Para introducir los datos generales, es necesario hacer click sobre **1. Introducir datos generales** del formulario principal, apareciendo el formulario presentado en la siguiente figura:

Ilustración 7: Formulario Datos generales

Los datos a introducir se enumeran a continuación:

1. Latitud de la localidad, expresada en °.

2. Fecha de inicio, en el formato indicado en la figura 7. Indica el día en el que se comienza a calcular la redistribución radiante en el espacio.
3. Hora de inicio, en el formato indicado en la figura 7. Indica la hora en la que se comienza a calcular la redistribución radiante en el espacio.
4. Fecha de fin, en el formato indicado en la figura 7. Indica el día de fin del cálculo de la redistribución radiante en el espacio.
5. Hora de fin, en el formato indicado en la figura 7. Indica la hora de fin del cálculo de la redistribución radiante en el espacio.
6. Número de superficies. Indica el número de superficies que contiene el fichero geometría.txt, sin contabilizar las ventanas.
7. Número de ventanas. Indica el número de ventanas que contiene el fichero geometría.txt.

Una vez introducidos todos los datos anteriores en el formato adecuado, es posible seguir el proceso de introducción de datos haciendo click sobre el botón **Cerrar**.

## 6.2 Orientación de ventanas

Para introducir la orientación de las ventanas introducidas en los datos generales, es necesario hacer click sobre **2. Introducir Orientación de ventanas** del formulario principal, apareciendo el formulario presentado en la siguiente figura:

Orientación de ventanas

Datos ventana

Orientación de ventana 1

Orientación de ventana 2

Orientación de ventana 3

Cerrar

Ilustración 8: Orientación de ventanas

Se iluminarán el número de ventanas introducidas en datos generales. El orden de las ventanas será el mismo que en el fichero geometría.txt. Haciendo click en el Combo de cada una de las ventanas, aparecerán las orientaciones disponibles. Deberá seleccionarse una de las orientaciones disponibles para cada una de las ventanas iluminadas.

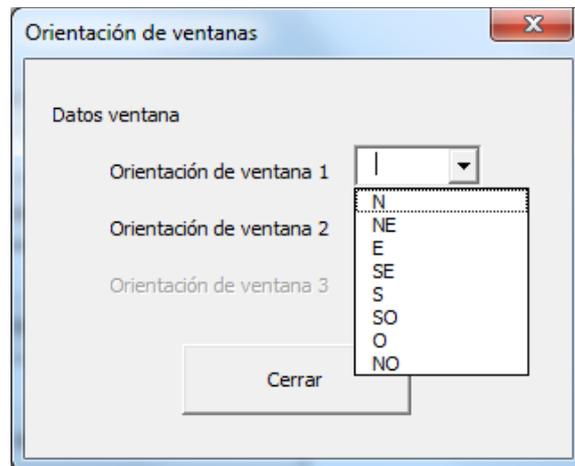


Ilustración 9: Combo con orientaciones disponibles para cada una de las ventanas

NOTA: Es necesario introducir la orientación real de la ventana, y no la de la geometría no girada.

Una vez introducidos todos los datos anteriores, es posible seguir el proceso de introducción de datos haciendo click sobre el botón **Cerrar**.

### 6.3 Reflectividades de superficies

Para introducir la reflectividades de las superficies introducidas en los datos generales, es necesario hacer click sobre **3. Introducir reflectividades de superficies** del formulario principal, apareciendo el formulario presentado en la siguiente figura:

Datos reflectividades	
Reflectividad superficie 1	0
Reflectividad superficie 2	0
Reflectividad superficie 3	0
Reflectividad superficie 4	0
Reflectividad superficie 5	0
Reflectividad superficie 6	0
Reflectividad superficie 7	0
Reflectividad superficie 8	0
Reflectividad superficie 9	0
Reflectividad superficie 10	0
Reflectividad superficie 11	0
Reflectividad superficie 12	0
Reflectividad superficie 13	0
Reflectividad superficie 14	0
Reflectividad superficie 15	0

Cerrar

Ilustración 10: Reflectividades de las superficies

La reflectividad es el complemento a 1 de la emisividad de una superficie. Se considerará una reflectividad para las ventanas de 0, no pudiéndose modificar este valor (reflectividades en gris en figura 10). La reflectividad de las superficies deberá ser introducida por el usuario, siendo el valor por defecto dado por el programa de 0.

Si el usuario tiene menos de 15 superficies, no será necesario que se definan las últimas reflectividades, ya que el programa no las considerará.

Una vez introducidos todos los datos anteriores, es posible seguir el proceso de introducción de datos haciendo click sobre el botón **Cerrar**.

#### 6.4 Ángulo de giro

Para introducir el ángulo de giro que debería aplicarse para obtener la correcta orientación de las superficies definidas en geometría.txt, es necesario hacer click sobre **4. Introducir datos geométricos** del formulario principal, apareciendo el formulario presentado en la siguiente figura:

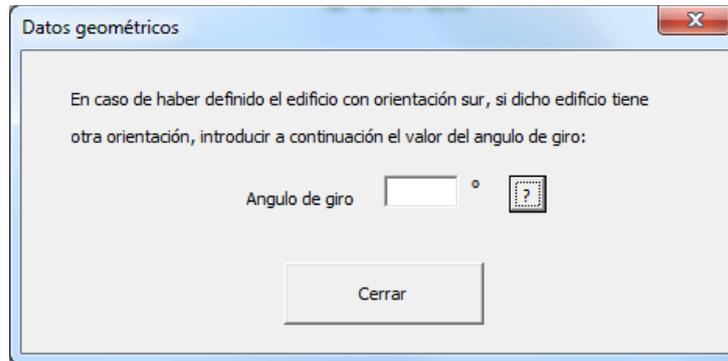


Ilustración 11: Ángulo de giro

Se proporciona una pequeña ayuda para expresar el valor de dicho ángulo si se hace click sobre .

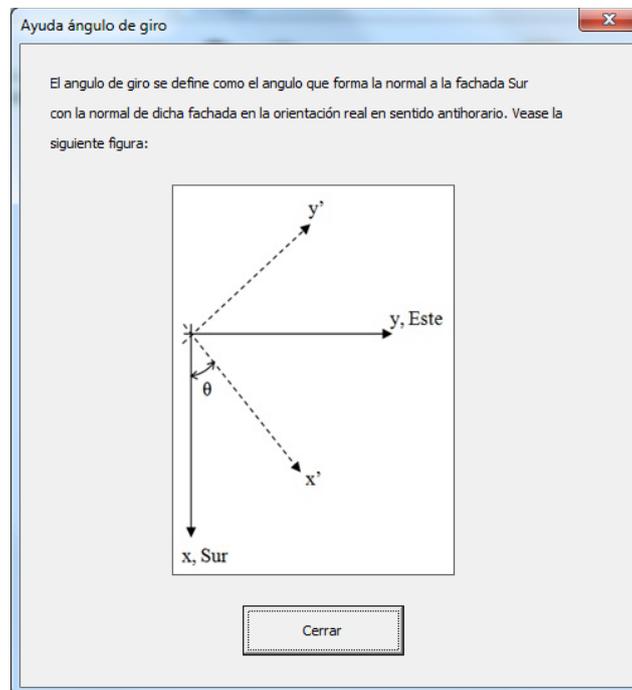
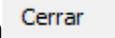


Ilustración 12: Ayuda ángulo de giro

Véase como en caso de haber introducido el edificio en la orientación original, el ángulo de giro será 0°.

Una vez introducido el ángulo de giro, se puede volver a la pantalla .

### 6.5 Guardar como

Si ya se han introducido todos los datos siguiendo los pasos anteriores, se está ya en disposición de realizar los cálculos y mostrarse los resultados. Pero antes se recomienda guardar los resultados introducidos haciendo click sobre el botón . Esto muestra la siguiente pantalla, donde se permite elegir el directorio donde se desea guardar el caso de estudio y el nombre que se le quiere dar al caso:

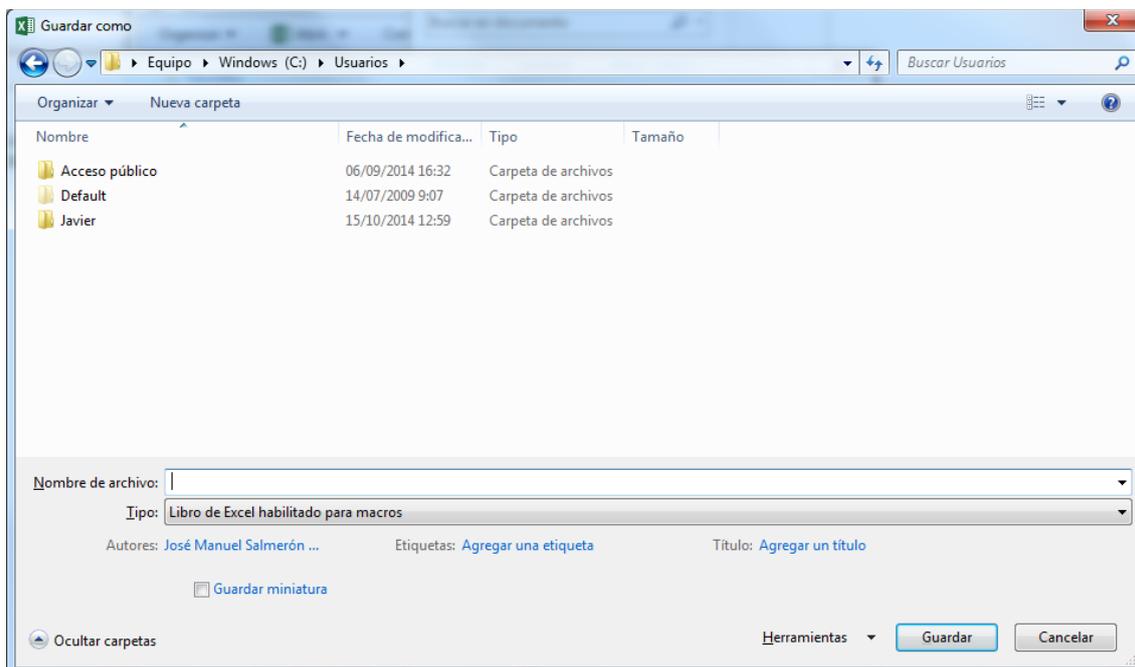
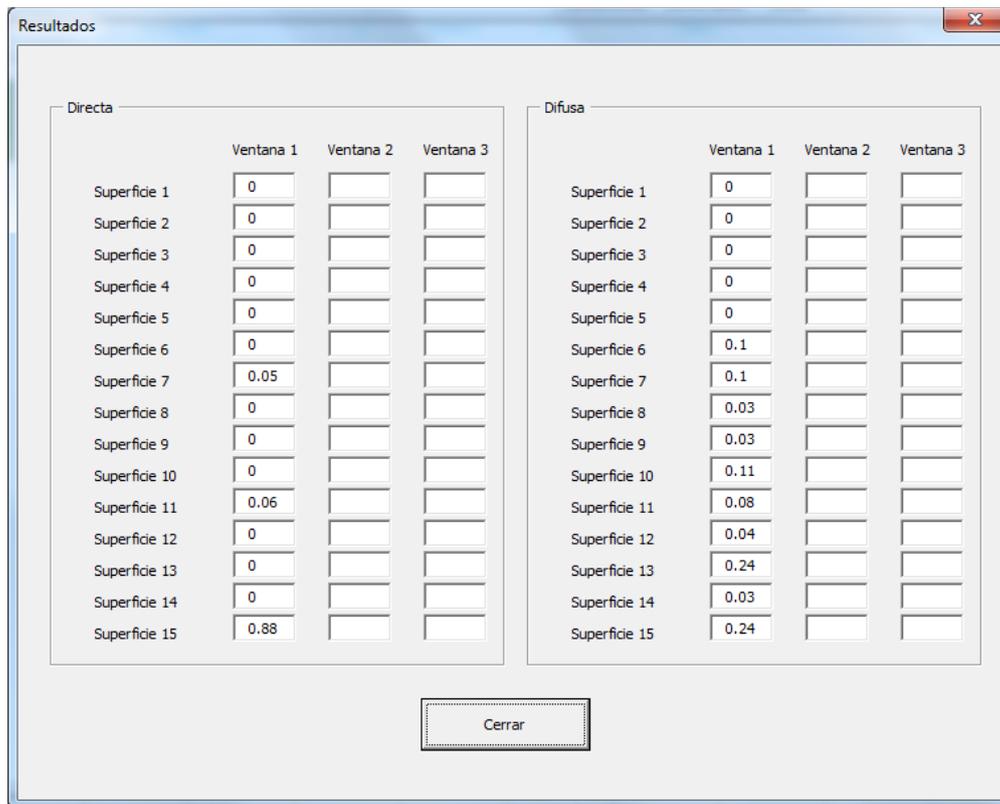


Ilustración 13: Guardar como

## 6.6 Calcular

Si ya se han introducido todos los datos siguiendo los pasos anteriores, se está ya en disposición de realizar los cálculos y mostrarse los resultados. Para ellos deberá hacerse click sobre el botón , mostrándose los resultados como representa la siguiente figura:



Directa				Difusa			
	Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3		Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3
Superficie 1	0			Superficie 1	0		
Superficie 2	0			Superficie 2	0		
Superficie 3	0			Superficie 3	0		
Superficie 4	0			Superficie 4	0		
Superficie 5	0			Superficie 5	0		
Superficie 6	0			Superficie 6	0.1		
Superficie 7	0.05			Superficie 7	0.1		
Superficie 8	0			Superficie 8	0.03		
Superficie 9	0			Superficie 9	0.03		
Superficie 10	0			Superficie 10	0.11		
Superficie 11	0.06			Superficie 11	0.08		
Superficie 12	0			Superficie 12	0.04		
Superficie 13	0			Superficie 13	0.24		
Superficie 14	0			Superficie 14	0.03		
Superficie 15	0.88			Superficie 15	0.24		

Cerrar

Ilustración 14: Pantalla de resultados

Se presenta para cada una de las ventanas definidas por el usuario los porcentajes de radiación directa y difusa que alcanzan a cada una de las superficies. En el caso de la figura 14, solo se ha definido una ventana y 14 superficies adicionales. Las unidades de los valores mostrados son tanto por uno, por lo que la suma de cada una de las columnas debe ser 1.

## 7. Ejemplo de cálculo

Este apartado pretende ilustrar un ejemplo de cálculo de carácter práctico que sirva de ayuda al usuario a introducir su propio edificio, además de un correcto análisis de resultados.

### 7.1 Espacio ejemplo

El espacio ejemplo tiene forma de paralelepípedo de base rectangular, y contiene una ventana orientada al sur. La figura 15 muestra la disposición de los puntos en el espacio y sus dimensiones (la superficie en azul representa la ventana y la orientación sur sería el eje x). La figura 16 muestra el fichero geometría.txt, donde se aprecian las 15 superficies, siendo la primera de ellas la ventana.

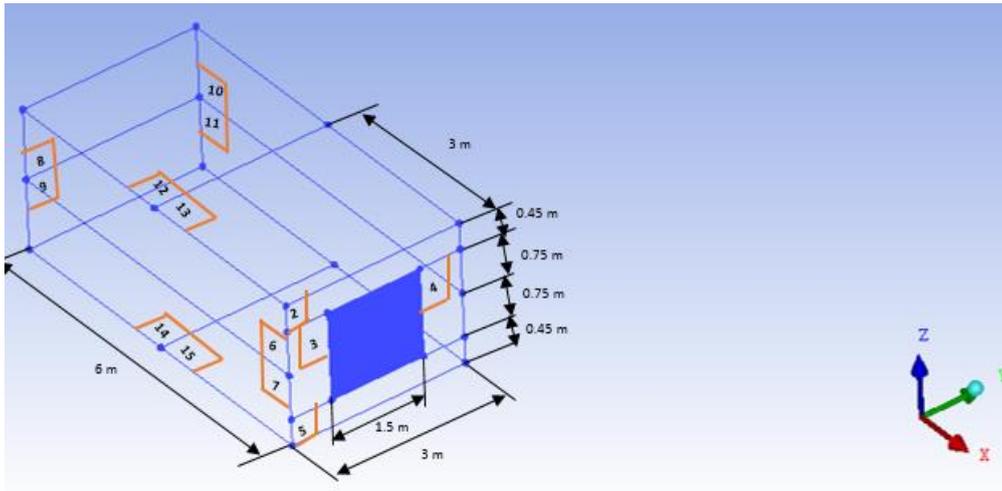
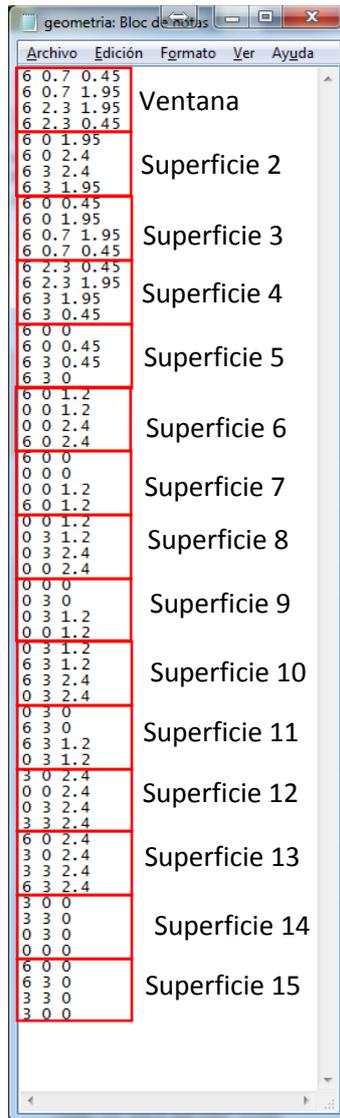


Ilustración 15: Espacio ejemplo y localización de los puntos



Superficie	x1	y1	z1	x2	y2	z2
Ventana	6	0.7	0.45	6	0.7	1.95
Superficie 2	6	2.3	1.95	6	2.3	0.45
Superficie 3	6	0	1.95	6	0	2.4
Superficie 4	6	3	1.95	6	3	0.45
Superficie 5	6	0	0	6	0	0.45
Superficie 6	6	0	1.2	0	0	1.2
Superficie 7	6	0	0	0	0	0
Superficie 8	6	0	1.2	0	3	1.2
Superficie 9	6	0	0	0	3	0
Superficie 10	6	3	1.2	6	3	2.4
Superficie 11	6	3	0	6	3	1.2
Superficie 12	3	0	2.4	0	0	2.4
Superficie 13	3	3	2.4	6	0	2.4
Superficie 14	3	3	0	3	3	0
Superficie 15	3	0	0	3	0	0

Ilustración 16: Definición de las superficies del espacio definido

## 7.2 Escenario 1: Meses de verano y reflectividades iguales a 0.3

Se va a calcular los porcentajes de radiación directa y difusa para Madrid (latitud de 40°) en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre de 2014. La figura 16 muestra los datos de entrada para este primer escenario:

Datos generales

Datos localidad

Latitud  °

Datos fechas

Fecha de inicio  Hora de inicio

Fecha de fin  Hora de fin

Datos superficies

Número superficies (ventanas no incluidas)

Número ventanas

Ilustración 17: Datos de entrada para escenario de verano

La orientación de la ventana será sur, tal y como muestra la figura 18:

Orientación de ventanas

Datos ventana

Orientación de ventana 1

Orientación de ventana 2

Orientación de ventana 3

Ilustración 18: Orientación de la ventana

Se considera que las superficies tienen una reflectividad de 0.3. La figura 19 muestra la pantalla donde deben introducirse los valores:

Datos reflectividades	
Reflectividad superficie 1	0
Reflectividad superficie 2	0.3
Reflectividad superficie 3	0.3
Reflectividad superficie 4	0.3
Reflectividad superficie 5	0.3
Reflectividad superficie 6	0.3
Reflectividad superficie 7	0.3
Reflectividad superficie 8	0.3
Reflectividad superficie 9	0.3
Reflectividad superficie 10	0.3
Reflectividad superficie 11	0.3
Reflectividad superficie 12	0.3
Reflectividad superficie 13	0.3
Reflectividad superficie 14	0.3
Reflectividad superficie 15	0.3

Cerrar

Ilustración 19: Reflectividades de superficies

Finalmente, el ángulo de orientación será 0°, ya que se han introducido las superficies en su orientación original:

Datos geométricos

En caso de haber definido el edificio con orientación sur, si dicho edificio tiene otra orientación, introducir a continuación el valor del ángulo de giro:

Angulo de giro  °

Cerrar

Ilustración 20: Ángulo de giro

Luego los resultados para este primer escenario son los mostrados en la siguiente figura:

Directa				Difusa			
	Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3		Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3
Superficie 1	0.04			Superficie 1	0.02		
Superficie 2	0.01			Superficie 2	0		
Superficie 3	0.01			Superficie 3	0		
Superficie 4	0.01			Superficie 4	0.01		
Superficie 5	0.03			Superficie 5	0.01		
Superficie 6	0.02			Superficie 6	0.08		
Superficie 7	0.07			Superficie 7	0.1		
Superficie 8	0			Superficie 8	0.03		
Superficie 9	0			Superficie 9	0.03		
Superficie 10	0.03			Superficie 10	0.09		
Superficie 11	0.09			Superficie 11	0.1		
Superficie 12	0.01			Superficie 12	0.05		
Superficie 13	0.06			Superficie 13	0.21		
Superficie 14	0			Superficie 14	0.03		
Superficie 15	0.61			Superficie 15	0.23		

Cerrar

Ilustración 21: Resultados para escenario de verano

Véase como el mayor porcentaje de la radiación directa es el que llega a la superficie 15. Al tratarse de verano, el ángulo de elevación es elevado, por lo que la mayor parte de la radiación directa solo puede alcanzar las superficies bajas cercanas a la ventana.

A las superficies 8, 9 y 14 no llegaría nada de radiación directa, ya que se encuentran lejos de la ventana.

Véase como a la ventana y a las superficies 2, 3, 4 y 5 les está parte de la radiación directa que está entrando por la ventana. Esto se debe a que las reflectividades de las superficies son mayores que cero, y por lo tanto las superficies reflejan parte de la radiación directa que le llega.

### 7.3 Escenario 2: Meses de verano y reflectividades iguales a 0

En este caso se va a poner de manifiesto lo que ocurre cuando las reflectividades de todas las superficies son cero.

La siguiente figura muestra los resultados para este nuevo escenario de cálculo:

Resultados

	Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3
<b>Directa</b>			
Superficie 1	0		
Superficie 2	0		
Superficie 3	0		
Superficie 4	0		
Superficie 5	0		
Superficie 6	0		
Superficie 7	0.06		
Superficie 8	0		
Superficie 9	0		
Superficie 10	0.01		
Superficie 11	0.09		
Superficie 12	0		
Superficie 13	0		
Superficie 14	0		
Superficie 15	0.84		
<b>Difusa</b>			
Superficie 1	0		
Superficie 2	0		
Superficie 3	0		
Superficie 4	0		
Superficie 5	0		
Superficie 6	0.11		
Superficie 7	0.11		
Superficie 8	0.03		
Superficie 9	0.04		
Superficie 10	0.1		
Superficie 11	0.09		
Superficie 12	0.04		
Superficie 13	0.23		
Superficie 14	0.03		
Superficie 15	0.24		

Cerrar

Ilustración 22: Resultados para escenario de verano con emisividades iguales a cero

En este escenario, no llega nada de radiación directa a las superficies que se encuentran en la fachada donde está situada la ventana. La mayor parte de la radiación directa llegaría a la superficie 15, llegando el resto a las superficies 7 y 11.

#### 7.4 Escenario 3: Meses de invierno y reflectividades iguales a 0.3

Ahora se va a calcular los porcentajes de radiación directa y difusa para Madrid (latitud de 40º) en los meses de Noviembre y Diciembre de 2014. La figura 23 muestra los datos de entrada para este primer escenario:

Ilustración 23: Datos generales para escenario de invierno

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente figura:

	Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3
<b>Directa</b>			
Superficie 1	0.02		
Superficie 2	0.01		
Superficie 3	0		
Superficie 4	0.01		
Superficie 5	0.01		
Superficie 6	0.03		
Superficie 7	0.1		
Superficie 8	0.01		
Superficie 9	0		
Superficie 10	0.04		
Superficie 11	0.18		
Superficie 12	0.03		
Superficie 13	0.06		
Superficie 14	0.09		
Superficie 15	0.41		
<b>Difusa</b>			
Superficie 1	0.03		
Superficie 2	0.01		
Superficie 3	0.01		
Superficie 4	0.01		
Superficie 5	0.02		
Superficie 6	0.09		
Superficie 7	0.09		
Superficie 8	0.03		
Superficie 9	0.02		
Superficie 10	0.09		
Superficie 11	0.1		
Superficie 12	0.04		
Superficie 13	0.19		
Superficie 14	0.05		
Superficie 15	0.22		

Ilustración 24: Resultados para escenario de invierno y reflectividad de 0.3

Véase como ahora la superficie 14 (suelo alejado de la ventana) recibe radiación. Además la superficies 11 y 7 (paredes laterales inferiores) reciben más radiación que en el escenario de verano. Esto es debido a que en invierno el ángulo de elevación es bastante más pequeño que en verano, por lo que la radiación directa es capaz de alcanzar superficies lejanas a la ventana,

y es por ello que la superficie 15 (suelo cercano a la ventana) tiene un menor porcentaje de directa en invierno que en verano.

Para ver el efecto que está teniendo la reflectividad en los resultados, a continuación se muestran los resultados para el caso de reflectividades nulas:

Resultados			
	Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3
<b>Directa</b>			
Superficie 1	0		
Superficie 2	0		
Superficie 3	0		
Superficie 4	0		
Superficie 5	0		
Superficie 6	0.01		
Superficie 7	0.1		
Superficie 8	0		
Superficie 9	0		
Superficie 10	0.03		
Superficie 11	0.22		
Superficie 12	0		
Superficie 13	0		
Superficie 14	0.11		
Superficie 15	0.53		
<b>Difusa</b>			
Superficie 1	0		
Superficie 2	0		
Superficie 3	0		
Superficie 4	0		
Superficie 5	0		
Superficie 6	0.1		
Superficie 7	0.1		
Superficie 8	0.03		
Superficie 9	0.03		
Superficie 10	0.09		
Superficie 11	0.1		
Superficie 12	0.04		
Superficie 13	0.24		
Superficie 14	0.03		
Superficie 15	0.23		

*Ilustración 25: resultados para escenario de invierno con reflectividades superficiales nulas*

Véase como llega radiación directa a las superficies 6 y 10 (paredes laterales superiores) debido al pequeño ángulo de elevación que existe en invierno.