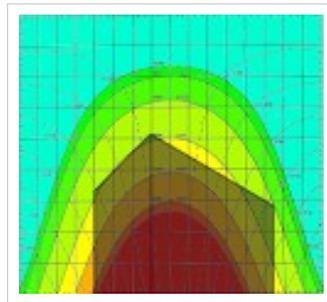


# PATRONES DE SOMBRA



## EJEMPLO DE CÁLCULO

José Carlos Martínez Tascón

V1.0 Mayo 2.013

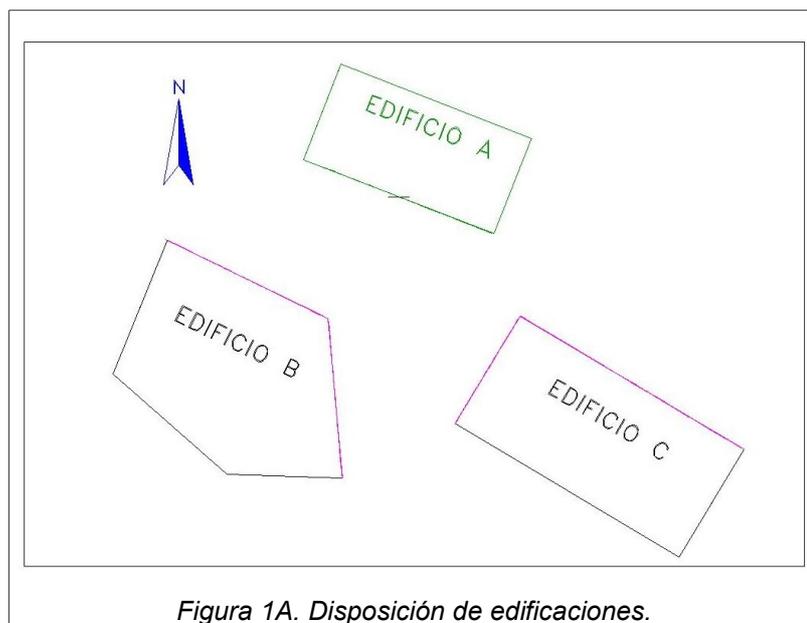
## INDICE

1.DISPOSICIÓN DE EDIFICACIONES.....	1
2.DATOS NECESARIOS.....	2
3.REPRESENTACIÓN DE DATOS.....	3
3.1.Cálculo de acimut.....	4
3.2.Cálculo de la elevación.....	4
4.CÁLCULO DE LOS VALORES.....	5
4.1.Acimut.....	5
4.2.Elevación.....	6
5.INTRODUCCIÓN DE DATOS.....	9
6.NOTAS FINALES.....	10
6.1.Error detectado.....	10
6.2.Sugerencias, comentarios errores.....	10

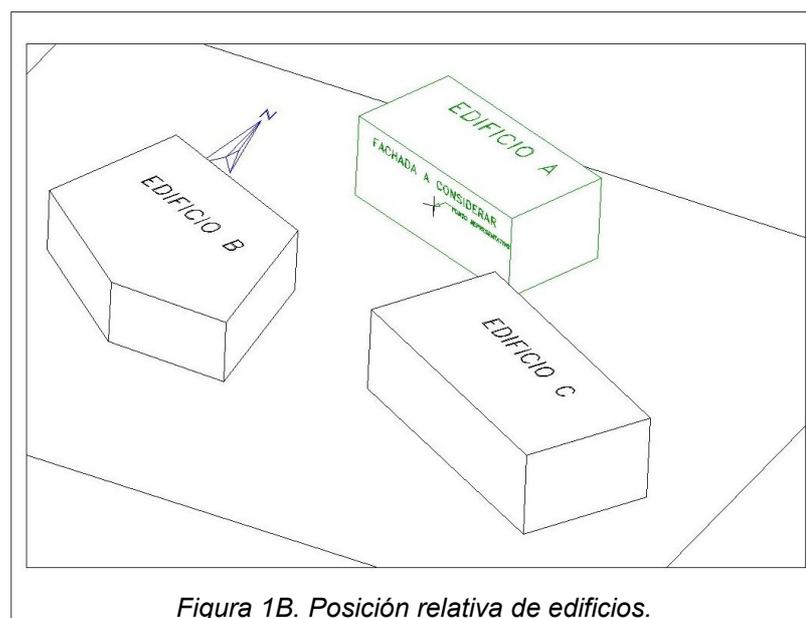
---

### **1. DISPOSICIÓN DE EDIFICACIONES.**

Vamos a ver cómo se obtienen los patrones de sombra correspondientes a una fachada de un edificio, que tiene situado frente a sí a otros dos. El edificio de cuya fachada se desea obtener los patrones de sombra es el Edificio A. En la figura 1A se puede ver la disposición en planta de los edificios. Los edificios A y C tienen una altura de 24 metros, mientras que el B tiene una altura de 18.



En la figura 1B podemos ver el edificio A, en el que se encuentra la fachada que estamos considerando. Dentro de esta fachada tomamos como punto representativo uno situado justo en el centro de la misma.



## 2. DATOS NECESARIOS.

Una vez definido el punto que vamos a utilizar como referencia de la fachada nos podemos olvidar de esta fachada, ya que el único dato que necesitamos para realizar el patrón de sombras es la posición de este punto y la situación respecto a él de las posiciones que arrojarán sombra. Lógicamente, en función de la orientación de la fachada los programas de certificación ya se encargarán de calcular la radiación solar que reciben. Por ejemplo, una fachada orientada completamente hacia el oeste solamente recibirá radiación solar a partir del mediodía solar, por lo que no utilizará la parte del patrón de sombras entre  $-180^\circ$  y  $0^\circ$ , ya que permanecerá siempre en sombra.

Cada patrón de sombra se define independientemente de la orientación del cerramiento sobre el que se proyecta. De esta manera nos olvidamos del edificio que estamos tratando y dejamos únicamente el punto de referencia. La figura 2 muestra este punto, situado a una altura de 12 metros sobre el suelo, y partiendo del mismo hemos dibujado la flecha que indica la orientación sur, necesaria para medir el acimut de cada punto. Se muestran rayados los planos que producen sombra sobre el punto. Lógicamente solo se tiene en cuenta la superficie que se encuentra por encima del punto de referencia.

Necesitaremos únicamente los siguientes datos: posición del punto de referencia, posición de los planos que producen sombra y la dirección del Sur.

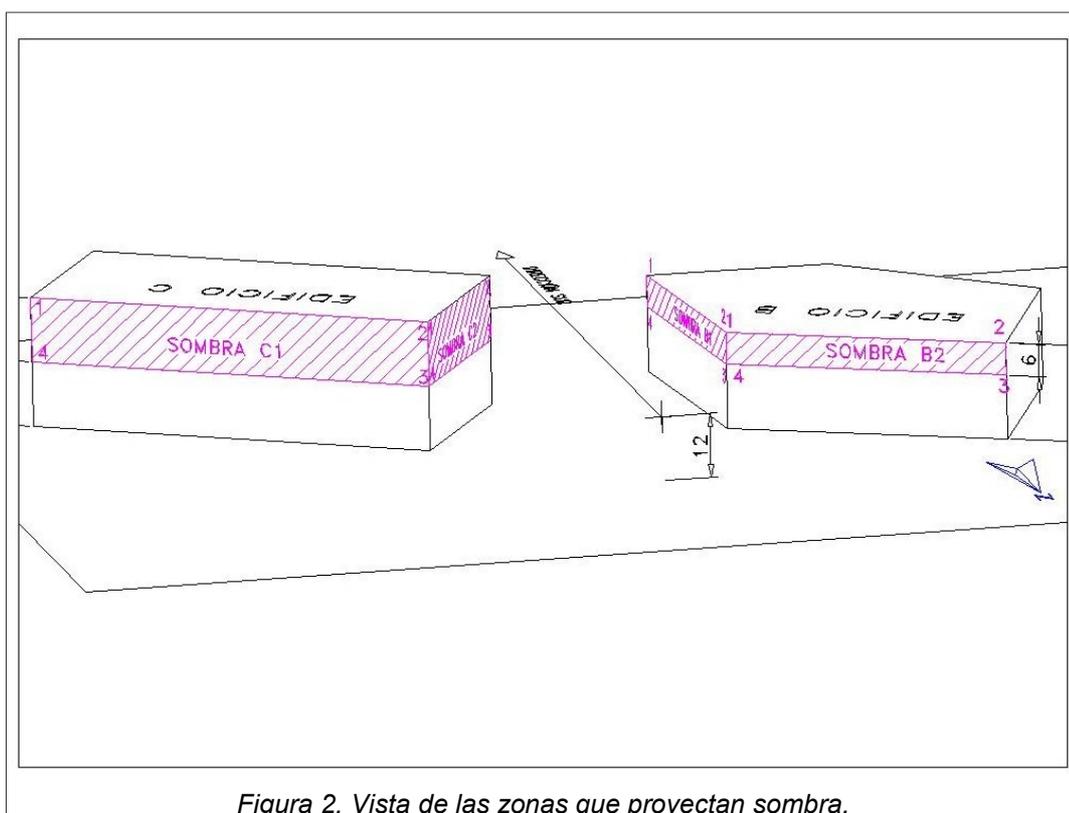


Figura 2. Vista de las zonas que proyectan sombra.

### 3. REPRESENTACIÓN DE DATOS.

Los datos que es necesario introducir en los programas de certificación es la posición relativa de los planos que forman el patrón de sombras. En concreto en el programa CE3X se introducen cuadriláteros, por lo que deberemos introducir los datos correspondientes a las esquinas de cada uno de estos polígonos.

En el caso que estamos tratando tenemos cuatro polígonos, dos por edificio, a los que hemos llamado B1, B2, C1 y C2. Cada uno de estos cuatro polígonos tiene cuatro esquinas, por lo que deberemos introducir en total 16 puntos. No obstante, al tener vértices comunes al final solo necesitamos calcular 12. En la figura 3 podemos ver los datos que nos piden los programas para introducir la posición del punto 2 de la sombra C1. Se utilizan los siguientes:

- Acimut. Es el ángulo que forma el punto considerado con la dirección sur. Esta medida debe realizarse en un plano horizontal. Al contrario que habitualmente el convenio de signos es al contrario: se considera positivo el sentido a favor de las agujas del reloj, tomando como eje de origen la dirección sur, desde el punto de referencia. También podemos considerar que, mirando desde el punto de referencia hacia el sur, son positivos los ángulos que quedan a la derecha y negativos a la izquierda. En la figura 3 vemos que el ángulo (sin signo) es de  $45,36^\circ$ . Aplicando el convenio de signos el ángulo que debemos introducir es negativo, es decir  $-45,36^\circ$ .
- Elevación. Es el ángulo que se eleva el vértice visto desde el punto de referencia. Estos ángulos son siempre positivos. En este caso es de  $13,72^\circ$ .

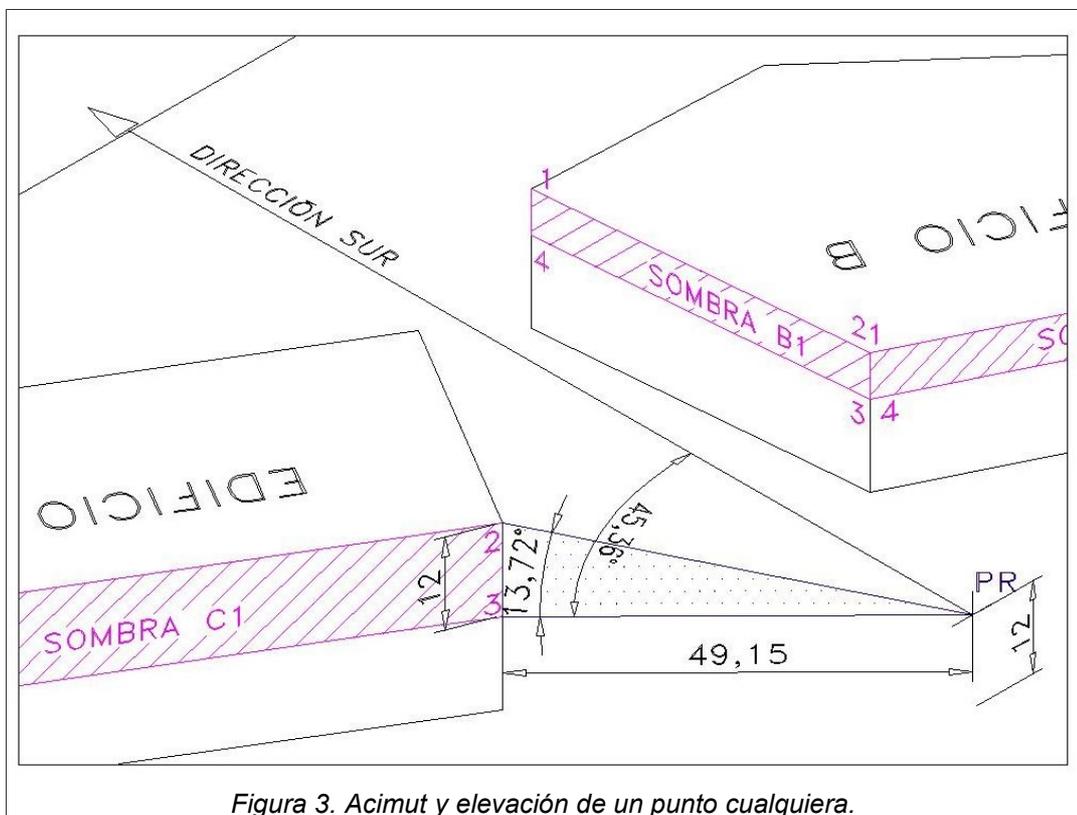


Figura 3. Acimut y elevación de un punto cualquiera.

Una duda que se plantea a veces al empezar a trabajar con estos datos: ¿no es necesario más que estos dos ángulos, no es necesario introducir ninguna distancia? La respuesta es claramente no. Estamos hablando de la sombra que proyecta un polígono. La sombra que proyecta un polígono de un determinado tamaño es la misma que la que proyecta un polígono con la misma forma y a una distancia mayor. Por tanto basta con introducir acimut y elevación por cada punto, ya que todos los puntos que están sobre esa recta acimut-elevación proyectan la misma sombra.

### **3.1. Cálculo de acimut.**

El cálculo de este valor es relativamente sencillo. Basta con tener, o dibujar nosotros, un plano en planta con la disposición de los edificios que producen sombra, marcar los vértices y, finalmente, dibujar y medir los ángulos.

Esto se puede hacer directamente en papel o con la ayuda de un programa como Autocad. Esto es muy sencillo porque trabajamos en planta. Debemos recordar siempre aplicar el criterio de signos.

### **3.2. Cálculo de la elevación.**

Este parámetro es un poco más complicado. Dibujar el ángulo en Autocad y medirlo supone trabajar con un modelo en 3D y modificar el sistema de coordenadas para medir cada ángulo, lo cual complica bastante la medida.

La forma más sencilla es calcular el valor de la tangente de ese ángulo para obtener finalmente su valor.

Para ello necesitamos la distancia en horizontal y en vertical. Para la distancia en horizontal podemos utilizar la misma técnica con la que calculamos el acimut, pero tomando esta vez la medida de la distancia entre el punto de referencia y el vértice, en proyección horizontal. En la figura 3 vemos que este valor es de 49,15m. Para la elevación basta saber la diferencia de altura entre puntos, en nuestro caso 12 metros. Con estos datos obtenemos el valor de la tangente del ángulo, y por tanto el ángulo se obtiene calculando su arcotangente:

$$\tan(\alpha) = \frac{12}{49,15} = 0,244 \Rightarrow \alpha = 13,72^\circ$$

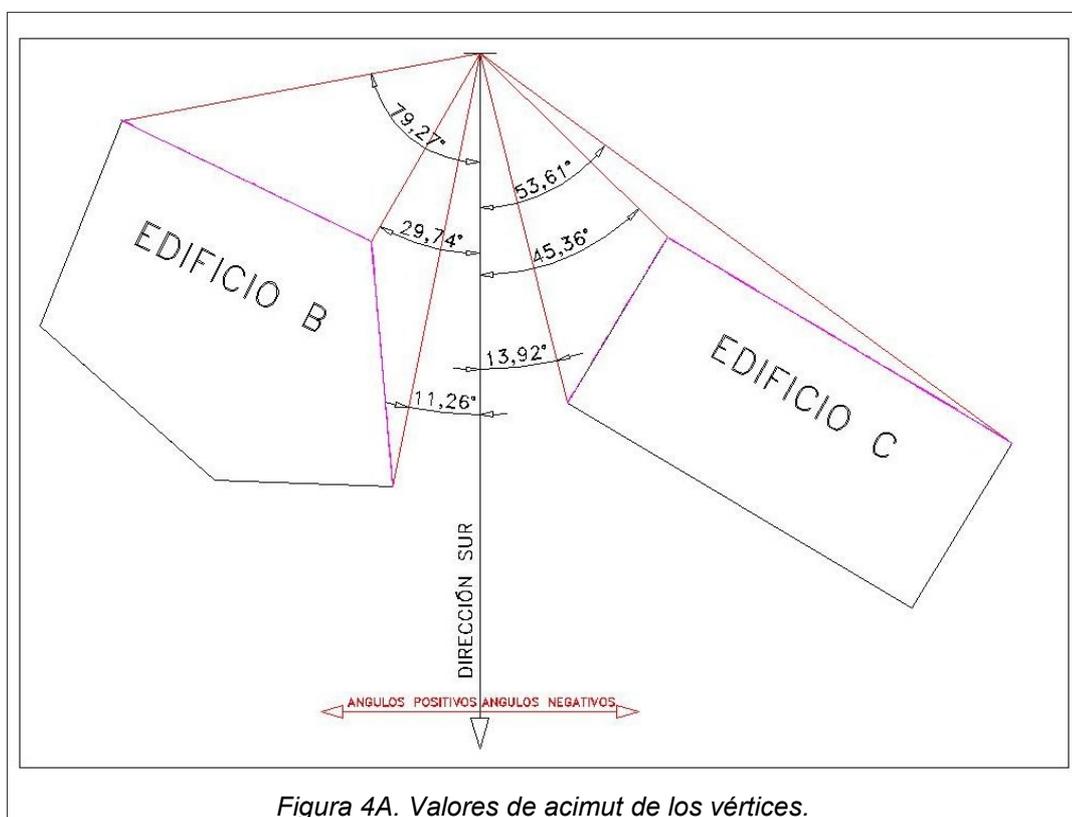
Esto debe realizarse para cada uno de los puntos.

#### 4. CÁLCULO DE LOS VALORES.

##### 4.1. Acimut.

Para tomar estos valores yo he dibujado en Autocad los edificios y, desde el punto de referencia, trazar una línea a cada proyección sobre el plano horizontal de cada vértice, según se ve en la figura 4A. Posteriormente podemos medir cada uno de estos ángulos con la herramienta de acotar del Autocad. Debemos considerar además el signo de cada uno de estos ángulos, indicado en la misma figura. De esta forma obtenemos 6 valores de ángulos.

Este proceso se puede realizar de forma manual buscando los edificios en alguna aplicación como Google maps o Sigpac.



También podemos ver estos valores en perspectiva en la figura 4B. De esta forma se puede ver claramente la correspondencia entre puntos y valores de acimut.

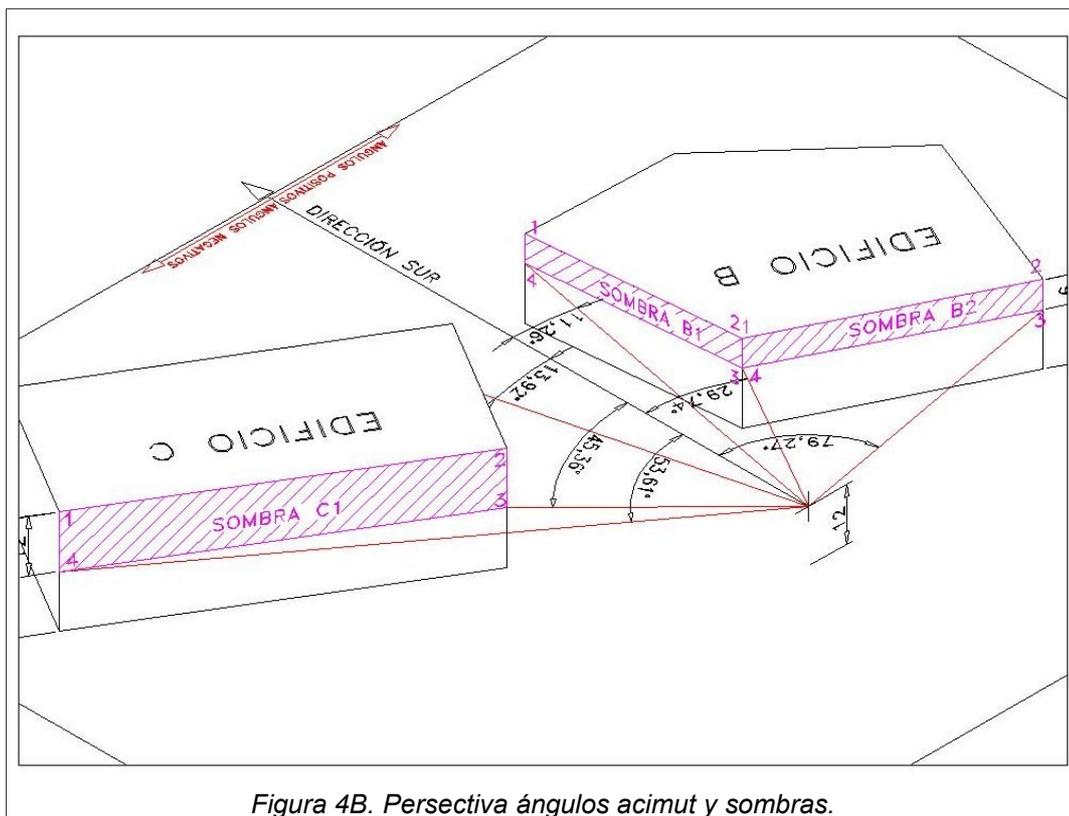


Figura 4B. Perspectiva ángulos acimut y sombras.

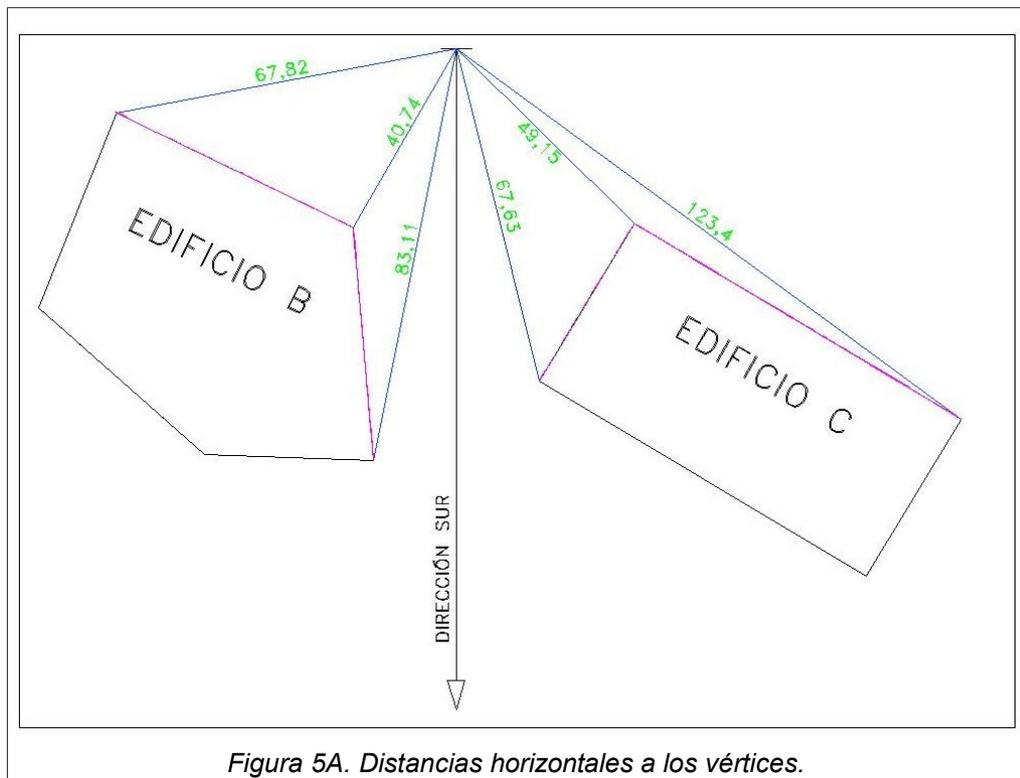
Vamos a incluir los datos en una primera tabla, en la que ya podemos incluir todos los datos de acimut de los vértices:

	EDIFICIO B								EDIFICIO C							
	SOMBRA B1				SOMBRA B2				SOMBRA C1				SOMBRA C2			
Punto	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Acimut	11,26	29,54	29,54	11,26	29,54	79,27	79,27	29,54	-53,61	-45,36	-45,36	-53,61	-45,36	-13,92	-13,92	-45,36
Elevación																

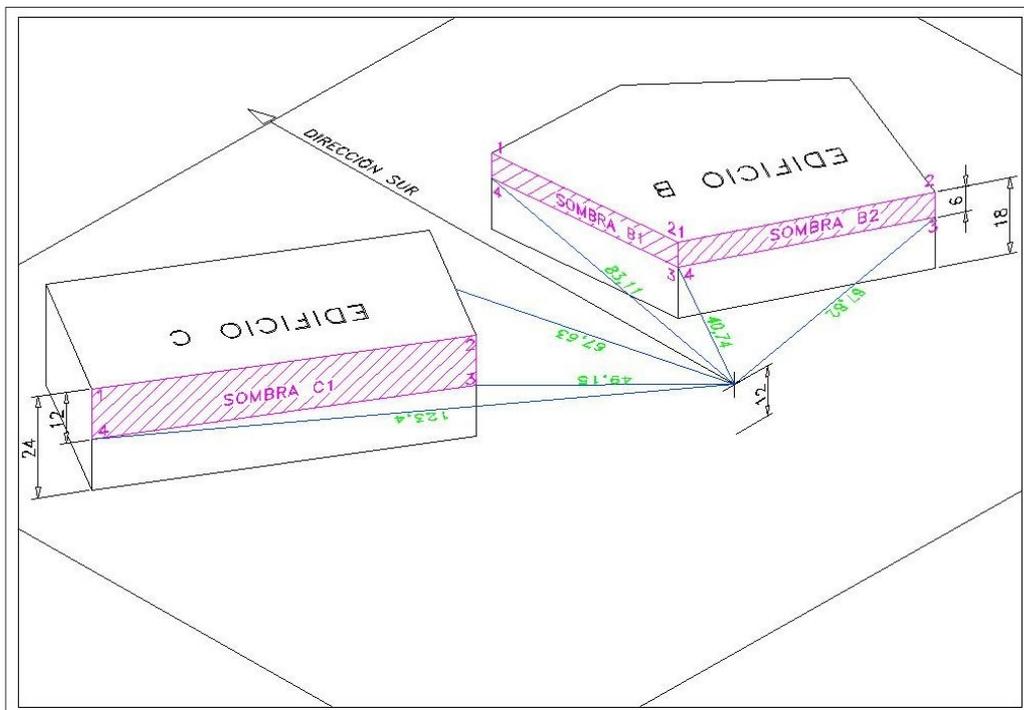
#### 4.2. Elevación.

Para calcular la elevación utilizaremos el método indicado en el capítulo anterior, es decir, calcular el ángulo a partir de la tangente. Para ello deberemos calcular las distancias en planta desde el punto de referencia hasta la proyección horizontal de cada vértice. Estos datos pueden verse en las figuras 5A y 5B.

En la figura 5B nos indica además los datos de las alturas de cada punto. En el caso de la mitad de ellos la altura será 0. Recordar que todas estas alturas son relativas respecto al punto de referencia.



La perspectiva nos ofrece todos los datos horizontales y verticales.



Ahora podemos hacer una tabla nueva para los valores de elevación:

	EDIFICIO B								EDIFICIO C							
	SOMBRA B1				SOMBRA B2				SOMBRA C1				SOMBRA C2			
Punto	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Distancia	83,11	40,74	40,74	83,11	40,74	67,82	67,82	40,74	123,4	49,15	49,15	123,4	49,15	67,63	67,63	49,15
Altura	6	6	0	0	6	6	0	0	12	12	0	0	12	12	0	0
Tangente	0,07	0,15	0	0	0,15	0,09	0	0	0,1	0,24	0	0	0,24	0,18	0	0
Elevación	4,13	8,38	0	0	8,38	5,06	0	0	5,55	13,72	0	0	13,72	10,06	0	0

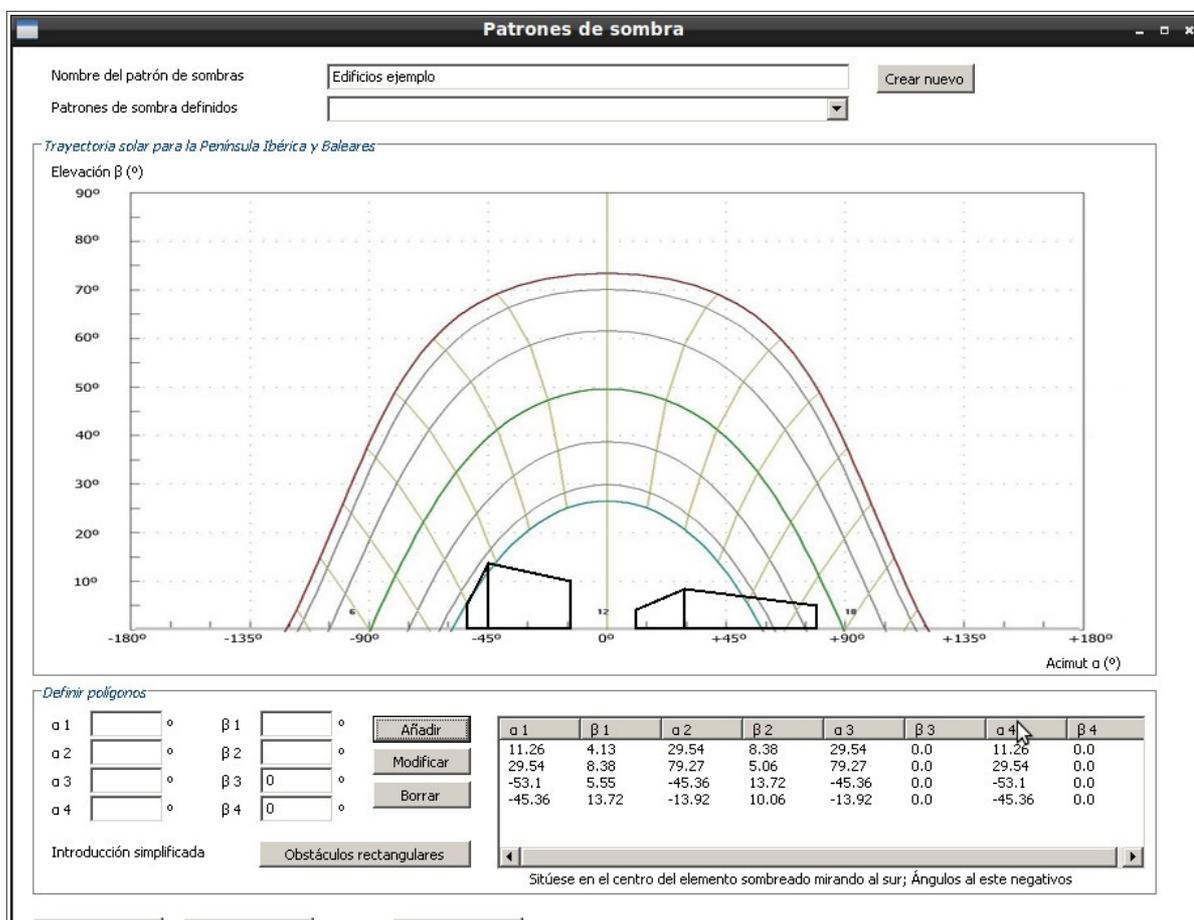
Uniendo en una única tabla todos los datos ya tenemos todo lo necesario para introducirlos en CE3X.

	EDIFICIO B								EDIFICIO C							
	SOMBRA B1				SOMBRA B2				SOMBRA C1				SOMBRA C2			
Punto	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Acimut	11,26	29,54	29,54	11,26	29,54	79,27	79,27	29,54	-53,61	-45,36	-45,36	-53,61	-45,36	-13,92	-13,92	-45,36
Elevación	4,13	8,38	0	0	8,38	5,06	0	0	5,55	13,72	0	0	13,72	10,06	0	0

Todas estas tablas conviene realizarlas en una hoja de cálculo para automatizar el proceso. Permittedme recomendar Libreoffice.org Calc, ya que es una excelente alternativa libre al muy extendido software de Microsoft.

## 5. INTRODUCCIÓN DE DATOS.

Ahora no queda nada más que cargar los datos en el apartado de Patrón de Sombras del programa CE3X. A continuación se muestra la pantalla donde se van introduciendo estos datos.



Los datos se introducen en pares desde  $[\alpha 1, \beta 1]$  (acimut1-elevación1) hasta  $[\alpha 4, \beta 4]$ , un par de datos para cada vértice del polígono. Así hasta introducir cada uno de los cuatro polígonos.

Podemos comprobar que el resultado tiene una apariencia similar a como si estuviésemos mirando los edificios desde el punto de referencia.

En el ejemplo que hemos realizado vemos que estas sombras tienen muy poca influencia en la radiación total que recibe la fachada, ya que prácticamente solo el polígono situado más a la derecha produce sombra en las últimas horas del día en los meses del año que van de octubre a marzo.

Propongo ahora repetir el proceso aumentando la altura de los edificios B y C hasta 40 ó 50 metros para ver como se “estiran” los patrones.

## **6. NOTAS FINALES.**

### **6.1. Error detectado.**

He comprobado que el programa CE3X deshecha los polígonos que quedan completamente fuera del recorrido del sol. No he hecho una comprobación exhaustiva, pero introduciendo un polígono que quede completamente a la izquierda de los  $-115^\circ$  (aproximadamente) o a la derecha de los  $115^\circ$ , al cerrar la ventana de patrón de sombras lo elimina, no creando el patrón. Si por el contrario introducimos varios polígonos a la vez, quedando uno de ellos fuera de los márgenes indicados más arriba puede dar diversos tipos de problemas. Alguna persona me ha llegado a comentar que le ha borrado la envolvente y las instalaciones del edificio.

Recomiendo por ello no introducir cualquier polígono que quede fuera de estos márgenes ya que nunca producirá sombra y puede ocasionar problemas al programa.

### **6.2. Sugerencias, comentarios errores.**

Para cualquier sugerencia sobre este documento o error que pudiera encontrar agradezco que se me indique a la siguiente dirección de correo:

[carlos@carlostascon.es](mailto:carlos@carlostascon.es)

En la página web:

[www.carlostascon.es](http://www.carlostascon.es)

Se puede encontrar información sobre la aplicación que he desarrollado para teléfonos Android, así como un manual sobre la misma en el que también se explica el funcionamiento de la carta solar y cómo se posicionan sobre ellas los patrones.