

*Procediment d'aplicació de
l'Ordenança Solar de Barcelona*

*Estimació de les pèrdues per
orientació i inclinació i per
ombres*

1. Presentació

L'article 7 de l'Ordenança solar permet la realització d'una instal·lació amb una cobertura solar inferior a la resultant de l'aplicació de les taules 4.1 i 4.2 en el cas que l'edifici no disposi de suficient accés al sol.

Article 7 Exempcions

1. *Es podrà disminuir l'aportació de la instal·lació de captació solar tèrmica, sempre que es justifiqui adequadament amb el corresponent informe, en els casos següents:*
 - a) *Quan, segons el planejament vigent, l'emplaçament no compti amb suficient accés al sol per barreres externes. En aquest cas, caldrà aprofitar el màxim accés al sol disponible.*

La justificació d'aquest supòsit s'ha de realitzar mitjançant un càlcul de les pèrdues degudes a les ombres projectades per edificis o obstacles aliens a l'edificació objecte de la instal·lació.

En considerarà d'aplicació l'exempció 7.1.a) quan les pèrdues totals degudes a l'orientació i inclinació dels captadors solars i a les ombres superin els valors indicats a la taula 2.4 del document HE4 del CTE i que es reproduïx a continuació.

Taula 2.4 Pèrdues màximes admeses (CTE-HE4)

| Caso | Orientación e inclinación | Sombras | Total |
|----------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| General | 10 % | 10 % | 15 % |
| Superposición | 20 % | 15 % | 30 % |
| Integración arquitectónica | 40 % | 20 % | 50 % |

Es considerarà que els captadors estan superposats o integrats a l'edifici en funció dels criteris establerts al punt 2.1.9 del document HE4 del CTE:

9 (...) Se considera que existe integración arquitectónica cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales o son elementos constituyentes de la composición arquitectónica. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este

concepto la disposición horizontal con en fin de favorecer la autolimpieza de los módulos. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

Les pèrdues es calcularan en el cas més favorable, és a dir, amb la combinació d'inclinació, orientació i emplaçament dels captadors a l'edifici que comporti les mínimes pèrdues totals respecte els valors òptims.

2. Justificació

L'aplicació d'aquesta exempció 7.1.a) s'haurà de justificar documentalment de manera adequada. El document de justificació haurà d'incloure:

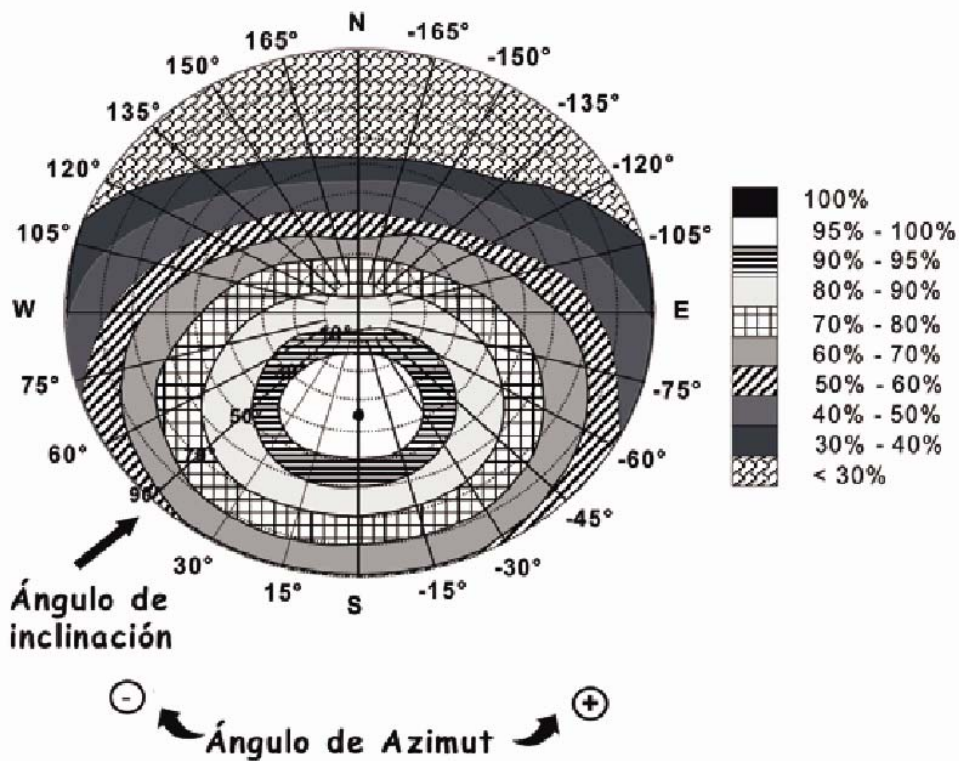
- La indicació de l'abast de l'exempció
- Una exposició dels motius que justifiquen l'exempció
- La descripció de la situació dels captadors a l'edifici que permet minimitzar les pèrdues per inclinació, orientació i ombres
- Un càlcul de les pèrdues per inclinació, orientació i ombres pel cas més favorable i la comparació amb els valors màxims admesos
- Un càlcul de la contribució solar obtinguda amb l'emplaçament dels captadors més favorable
- Uns plànols (planta i secció) amb la situació dels captadors a l'edifici en les condicions d'inclinació, orientació i emplaçament més favorables

3. Procediment de càlcul

S'hauran de calcular de manera independent les pèrdues per inclinació i orientació i les pèrdues per ombres, segons els procediments descrits al document HE4 del CTE.

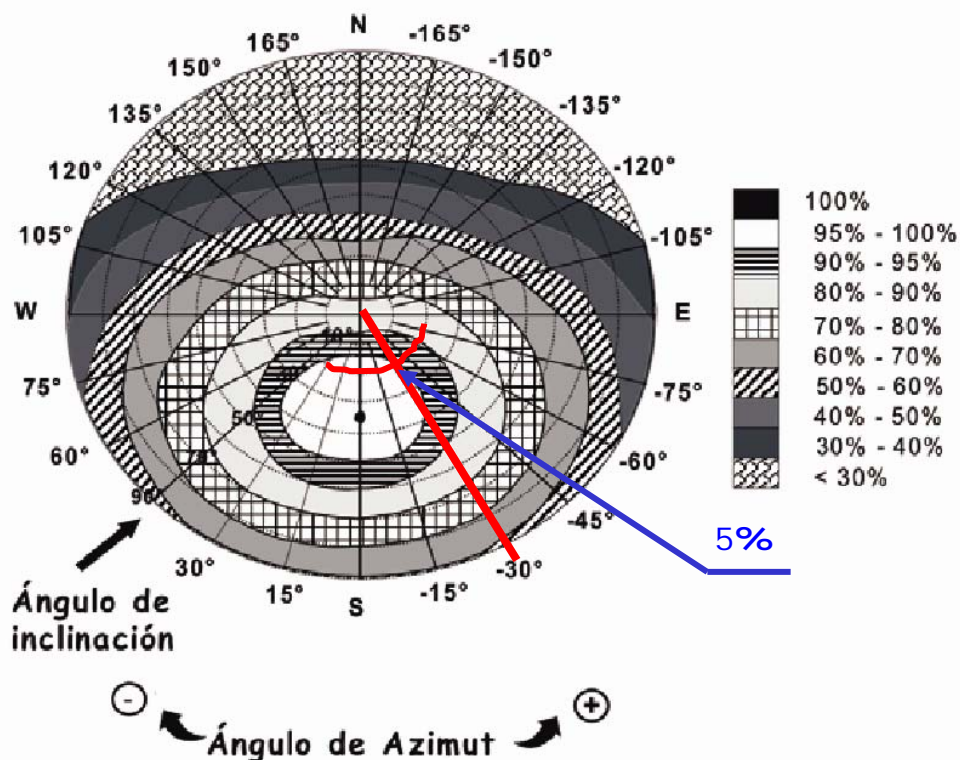
3.1. Pèrdues per inclinació i orientació

El percentatge d'energia no aprofitada pels captadors solars degut a l'adopció d'uns angles d'inclinació i orientació diferents dels valors òptims es calcula a partir del gràfic 3.3 inclòs a l'apartat 3.5 del document HE4 del CTE.



Exemple:

Càlcul del percentatge de pèrdues per a uns captadors solars inclinats 30 respecte l'horitzontal i orientats 30 cap a l'est.



3.2. Pèrdues per inclinació i orientació

Les pèrdues per ombres es calculen segons el procediment descrit a l'apartat 3.6 del document HE4 del CTE:

3.6 Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

3.6.1 Introducción

1 El presente apartado describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

3.6.2 Procedimiento

- 1 El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del sol. Los pasos a seguir son los siguientes:
- 2 Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición acimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.
- 3 Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura 3.4, en el que se muestra la banda de trayectorias del sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12° en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2, ..., D14).

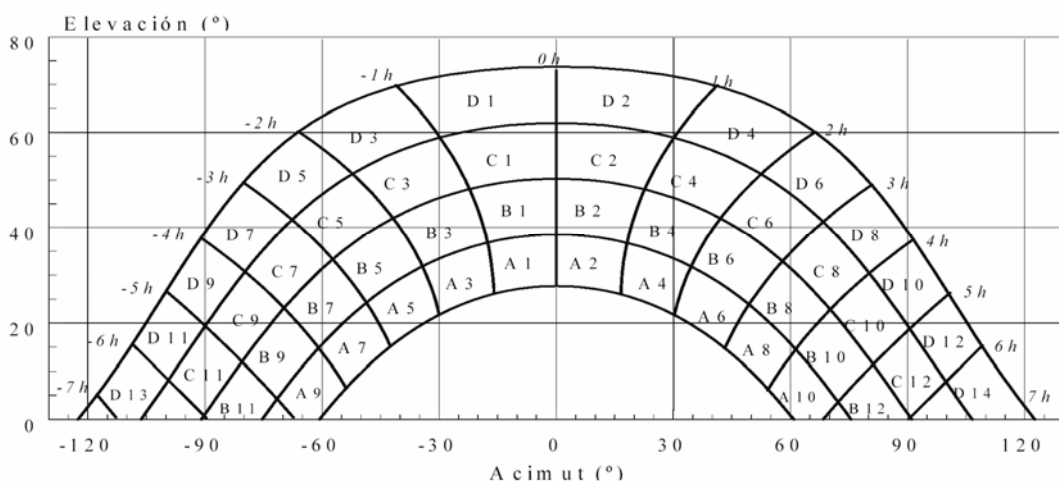


Figura 3.4 Diagrama de trayectorias del sol

Nota: los grados de ambas escalas son sexagesimales

- 4 Cada una de las porciones de la figura 3.4 representa el recorrido del sol en un cierto periodo de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquella que resulte interceptada por el obstáculo. Debe escogerse para el cálculo la tabla de referencia más adecuada de entre las que se incluyen en el anejo B.
- 5 La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de ocultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25, 0,50, 0,75 ó 1.

3.6.3 Tablas de referencia

- 1 Las tablas incluidas en esta Sección se refieren a distintas superficies caracterizadas por sus ángulos de inclinación y orientación (β y α , respectivamente). Debe escogerse aquella que resulte más parecida a la superficie en estudio. Los números que figuran en cada casilla se corresponden con el porcentaje de irradiación solar global anual que se perdería si la porción correspondiente resultase interceptada por un obstáculo.

Tabla B.1

| | $\beta=35^\circ ; \alpha=0^\circ$ | | | | $\beta=0^\circ ; \alpha=0^\circ$ | | | | $\beta=90^\circ ; \alpha=0^\circ$ | | | | $\beta=35^\circ ; \alpha=30^\circ$ | | | |
|----|-----------------------------------|------|------|------|----------------------------------|------|------|------|-----------------------------------|------|------|------|------------------------------------|------|------|------|
| | A | B | C | D | A | B | C | D | A | B | C | D | A | B | C | D |
| 13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 |
| 11 | 0,00 | 0,01 | 0,12 | 0,44 | 0,00 | 0,01 | 0,18 | 1,05 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,06 |
| 9 | 0,13 | 0,41 | 0,62 | 1,49 | 0,05 | 0,32 | 0,70 | 2,23 | 0,23 | 0,50 | 0,37 | 0,10 | 0,02 | 0,10 | 0,19 | 0,56 |
| 7 | 1,00 | 0,95 | 1,27 | 2,76 | 0,52 | 0,77 | 1,32 | 3,56 | 1,66 | 1,06 | 0,93 | 0,78 | 0,54 | 0,55 | 0,78 | 1,80 |
| 5 | 1,84 | 1,50 | 1,83 | 3,87 | 1,11 | 1,26 | 1,85 | 4,66 | 2,76 | 1,62 | 1,43 | 1,68 | 1,32 | 1,12 | 1,40 | 3,06 |
| 3 | 2,70 | 1,88 | 2,21 | 4,67 | 1,75 | 1,60 | 2,20 | 5,44 | 3,83 | 2,00 | 1,77 | 2,36 | 2,24 | 1,60 | 1,92 | 4,14 |
| 1 | 3,17 | 2,12 | 2,43 | 5,04 | 2,10 | 1,81 | 2,40 | 5,78 | 4,36 | 2,23 | 1,98 | 2,69 | 2,89 | 1,98 | 2,31 | 4,87 |
| 2 | 3,17 | 2,12 | 2,33 | 4,99 | 2,11 | 1,80 | 2,30 | 5,73 | 4,40 | 2,23 | 1,91 | 2,66 | 3,16 | 2,15 | 2,40 | 5,20 |
| 4 | 2,70 | 1,89 | 2,01 | 4,46 | 1,75 | 1,61 | 2,00 | 5,19 | 3,82 | 2,01 | 1,62 | 2,26 | 2,93 | 2,08 | 2,23 | 5,02 |
| 6 | 1,79 | 1,51 | 1,65 | 3,63 | 1,09 | 1,26 | 1,65 | 4,37 | 2,68 | 1,62 | 1,30 | 1,58 | 2,14 | 1,82 | 2,00 | 4,46 |
| 8 | 0,98 | 0,99 | 1,08 | 2,55 | 0,51 | 0,82 | 1,11 | 3,28 | 1,62 | 1,09 | 0,79 | 0,74 | 1,33 | 1,36 | 1,48 | 3,54 |
| 10 | 0,11 | 0,42 | 0,52 | 1,33 | 0,05 | 0,33 | 0,57 | 1,98 | 0,19 | 0,49 | 0,32 | 0,10 | 0,18 | 0,71 | 0,88 | 2,26 |
| 12 | 0,00 | 0,02 | 0,10 | 0,40 | 0,00 | 0,02 | 0,15 | 0,96 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,13 | 0,00 | 0,06 | 0,32 | 1,17 |
| 14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 |

Tabla B.2

| | $\beta=90^\circ ; \alpha=30^\circ$ | | | | $\beta=35^\circ ; \alpha=60^\circ$ | | | | $\beta=90^\circ ; \alpha=60^\circ$ | | | | $\beta=35^\circ ; \alpha= -30^\circ$ | | | |
|----|------------------------------------|------|------|------|------------------------------------|------|------|------|------------------------------------|------|------|------|--------------------------------------|------|------|------|
| | A | B | C | D | A | B | C | D | A | B | C | D | A | B | C | D |
| 13 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 |
| 11 | 0,06 | 0,01 | 0,15 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,16 | 0,00 | 0,01 | 0,27 | 0,78 | 0,00 | 0,03 | 0,37 | 1,26 |
| 9 | 0,56 | 0,06 | 0,14 | 0,43 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,09 | 0,21 | 0,33 | 0,76 | 0,21 | 0,70 | 1,05 | 2,50 |
| 7 | 1,80 | 0,04 | 0,07 | 0,31 | 0,02 | 0,13 | 0,31 | 1,02 | 0,21 | 0,18 | 0,27 | 0,70 | 1,34 | 1,28 | 1,73 | 3,79 |
| 5 | 3,06 | 0,55 | 0,22 | 0,11 | 0,64 | 0,68 | 0,97 | 2,39 | 0,10 | 0,11 | 0,21 | 0,52 | 2,17 | 1,79 | 2,21 | 4,70 |
| 3 | 4,14 | 1,16 | 0,87 | 0,67 | 1,55 | 1,24 | 1,59 | 3,70 | 0,45 | 0,03 | 0,05 | 0,25 | 2,90 | 2,05 | 2,43 | 5,20 |
| 1 | 4,87 | 1,73 | 1,49 | 1,86 | 2,35 | 1,74 | 2,12 | 4,73 | 1,73 | 0,80 | 0,62 | 0,55 | 3,12 | 2,13 | 2,47 | 5,20 |
| 2 | 5,20 | 2,15 | 1,88 | 2,79 | 2,85 | 2,05 | 2,38 | 5,40 | 2,91 | 1,56 | 1,42 | 2,26 | 2,88 | 1,96 | 2,19 | 4,77 |
| 4 | 5,02 | 2,34 | 2,02 | 3,29 | 2,86 | 2,14 | 2,37 | 5,53 | 3,59 | 2,13 | 1,97 | 3,60 | 2,22 | 1,60 | 1,73 | 3,91 |
| 6 | 4,46 | 2,28 | 2,05 | 3,36 | 2,24 | 2,00 | 2,27 | 5,25 | 3,35 | 2,43 | 2,37 | 4,45 | 1,27 | 1,11 | 1,25 | 2,84 |
| 8 | 3,54 | 1,92 | 1,71 | 2,98 | 1,51 | 1,61 | 1,81 | 4,49 | 2,67 | 2,35 | 2,28 | 4,65 | 0,52 | 0,57 | 0,65 | 1,64 |
| 10 | 2,26 | 1,19 | 1,19 | 2,12 | 0,23 | 0,94 | 1,20 | 3,18 | 0,47 | 1,64 | 1,82 | 3,95 | 0,02 | 0,10 | 0,15 | 0,50 |
| 12 | 1,17 | 0,12 | 0,53 | 1,22 | 0,00 | 0,09 | 0,52 | 1,96 | 0,00 | 0,19 | 0,97 | 2,93 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,05 |
| 14 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 |

Tabla B.3

| | $\beta=90^\circ ; \alpha= -30^\circ$ | | | | $\beta=35^\circ ; \alpha= -60^\circ$ | | | | $\beta=90^\circ ; \alpha= -60^\circ$ | | | |
|----|--------------------------------------|------|------|------|--------------------------------------|------|------|------|--------------------------------------|------|------|------|
| | A | B | C | D | A | B | C | D | A | B | C | D |
| 13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,01 |
| 11 | 0,00 | 0,05 | 0,60 | 1,28 | 0,00 | 0,04 | 0,60 | 2,09 | 0,00 | 0,08 | 1,10 | 3,08 |
| 9 | 0,43 | 1,17 | 1,38 | 2,30 | 0,27 | 0,91 | 1,42 | 3,49 | 0,55 | 1,60 | 2,11 | 4,28 |
| 7 | 2,42 | 1,82 | 1,98 | 3,15 | 1,51 | 1,51 | 2,10 | 4,76 | 2,66 | 2,19 | 2,61 | 4,89 |
| 5 | 3,43 | 2,24 | 2,24 | 3,51 | 2,25 | 1,95 | 2,48 | 5,48 | 3,36 | 2,37 | 2,56 | 4,61 |
| 3 | 4,12 | 2,29 | 2,18 | 3,38 | 2,80 | 2,08 | 2,56 | 5,68 | 3,49 | 2,06 | 2,10 | 3,67 |
| 1 | 4,05 | 2,11 | 1,93 | 2,77 | 2,78 | 2,01 | 2,43 | 5,34 | 2,81 | 1,52 | 1,44 | 2,22 |
| 2 | 3,45 | 1,71 | 1,41 | 1,81 | 2,32 | 1,70 | 2,00 | 4,59 | 1,69 | 0,78 | 0,58 | 0,53 |
| 4 | 2,43 | 1,14 | 0,79 | 0,64 | 1,52 | 1,22 | 1,42 | 3,46 | 0,44 | 0,03 | 0,05 | 0,24 |
| 6 | 1,24 | 0,54 | 0,20 | 0,11 | 0,62 | 0,67 | 0,85 | 2,20 | 0,10 | 0,13 | 0,19 | 0,48 |
| 8 | 0,40 | 0,03 | 0,06 | 0,31 | 0,02 | 0,14 | 0,26 | 0,92 | 0,22 | 0,18 | 0,26 | 0,69 |
| 10 | 0,01 | 0,06 | 0,12 | 0,39 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,08 | 0,21 | 0,28 | 0,68 |
| 12 | 0,00 | 0,01 | 0,13 | 0,45 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,14 | 0,00 | 0,02 | 0,24 | 0,67 |
| 14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 |

Exemple:

Càlcul del percentatge de pèrdues per a uns captadors solars inclinats 35° respecte l'horitzontal i orientats al Sud i amb el perfil d'obstacles de la figura següent.

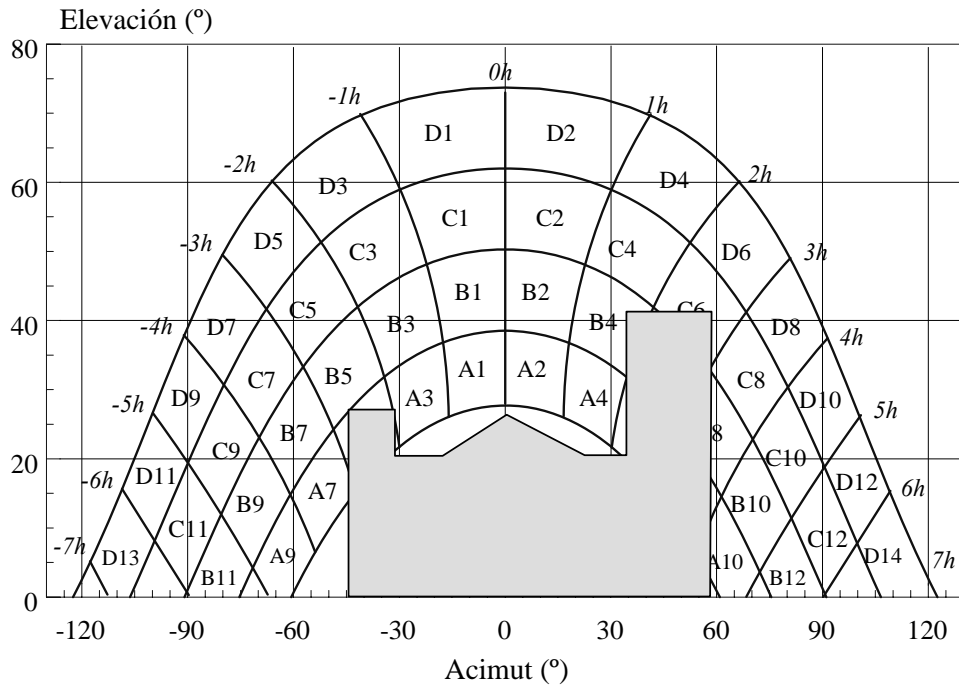


Tabla B.1

| | $\beta=35^\circ ; \alpha=0^\circ$ | | | | $\beta=0^\circ ; \alpha=0^\circ$ | | | | $\beta=90^\circ ; \alpha=0^\circ$ | | | | $\beta=35^\circ ; \alpha=30^\circ$ | | | |
|----|-----------------------------------|------|------|------|----------------------------------|------|------|------|-----------------------------------|------|------|------|------------------------------------|------|------|------|
| | A | B | C | D | A | B | C | D | A | B | C | D | A | B | C | D |
| 13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 |
| 11 | 0,00 | 0,01 | 0,12 | 0,44 | 0,00 | 0,01 | 0,18 | 1,05 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,06 |
| 9 | 0,13 | 0,41 | 0,62 | 1,49 | 0,05 | 0,32 | 0,70 | 2,23 | 0,23 | 0,50 | 0,37 | 0,10 | 0,02 | 0,10 | 0,19 | 0,56 |
| 7 | 1,00 | 0,95 | 1,27 | 2,76 | 0,52 | 0,77 | 1,32 | 3,56 | 1,66 | 1,06 | 0,93 | 0,78 | 0,54 | 0,55 | 0,78 | 1,80 |
| 5 | 1,84 | 1,50 | 1,83 | 3,87 | 1,11 | 1,26 | 1,85 | 4,66 | 2,76 | 1,62 | 1,43 | 1,68 | 1,32 | 1,12 | 1,40 | 3,06 |
| 3 | 2,70 | 1,88 | 2,21 | 4,67 | 1,75 | 1,60 | 2,20 | 5,44 | 3,83 | 2,00 | 1,77 | 2,36 | 2,24 | 1,60 | 1,92 | 4,14 |
| 1 | 3,17 | 2,12 | 2,43 | 5,04 | 2,10 | 1,81 | 2,40 | 5,78 | 4,36 | 2,23 | 1,98 | 2,69 | 2,89 | 1,98 | 2,31 | 4,87 |
| 2 | 3,17 | 2,12 | 2,33 | 4,99 | 2,11 | 1,80 | 2,30 | 5,73 | 4,40 | 2,23 | 1,91 | 2,66 | 3,16 | 2,15 | 2,40 | 5,20 |
| 4 | 2,70 | 1,89 | 2,01 | 4,46 | 1,75 | 1,61 | 2,00 | 5,19 | 3,82 | 2,01 | 1,62 | 2,26 | 2,93 | 2,08 | 2,23 | 5,02 |
| 6 | 1,79 | 1,51 | 1,65 | 3,63 | 1,09 | 1,26 | 1,65 | 4,37 | 2,68 | 1,62 | 1,30 | 1,58 | 2,14 | 1,82 | 2,00 | 4,46 |
| 8 | 0,98 | 0,99 | 1,08 | 2,55 | 0,51 | 0,82 | 1,11 | 3,28 | 1,62 | 1,09 | 0,79 | 0,74 | 1,33 | 1,36 | 1,48 | 3,54 |
| 10 | 0,11 | 0,42 | 0,52 | 1,33 | 0,05 | 0,33 | 0,57 | 1,98 | 0,19 | 0,49 | 0,32 | 0,10 | 0,18 | 0,71 | 0,88 | 2,26 |
| 12 | 0,00 | 0,02 | 0,10 | 0,40 | 0,00 | 0,02 | 0,15 | 0,96 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,13 | 0,00 | 0,06 | 0,32 | 1,17 |
| 14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 |

Pèrdues per ombres:

$$\begin{aligned}
 &\approx 0,25 \times B_4 + 0,5 \times A_5 + 0,75 \times A_6 + B_6 + 0,25 \times C_6 + A_8 + 0,5 \times B_8 + 0,25 \times A_{10} = \\
 &= 0,25 \times 1,89 + 0,5 \times 1,84 + 0,75 \times 1,79 + 1,51 + 0,25 \times 1,65 + 0,98 + 0,5 \times 0,99 + 0,25 \times 0,11 = \\
 &= 6,16 \% \approx \mathbf{6 \%}
 \end{aligned}$$

Referències:

Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). *Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura*

Código Técnico de la Edificación. Documento HE4. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.