

Instal·lacions d'energies renovables

Albert Figueras Coma

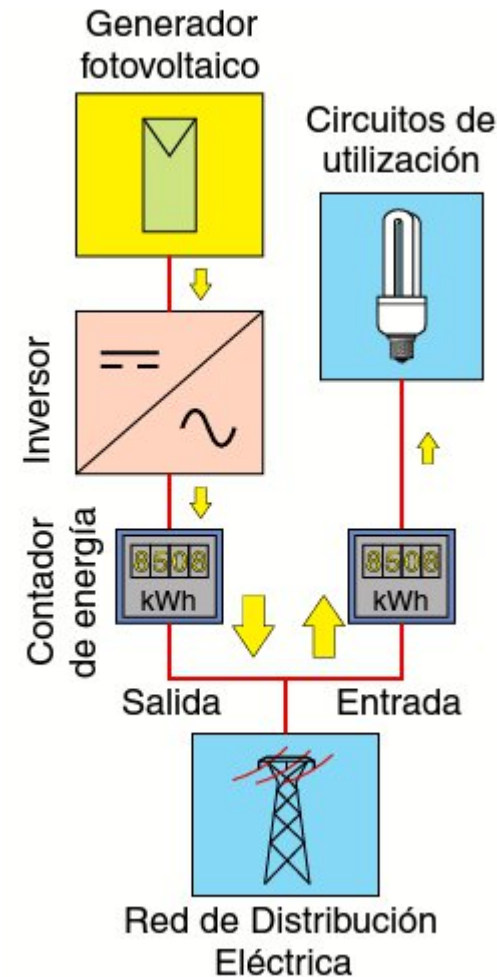
Instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa

Sistemes fotovoltaics en xarxa

S'envia tota l'energia elèctrica produïda a la xarxa de distribució elèctrica, per a consum propi o per vendre-la quan n'hi ha excedent.

Estan constituïts bàsicament per un generador fotovoltaic i un inversor per convertir de CC a CA amb la tensió i freqüència que demanen les companyies elèctriques.

Disposen d'un sistema de mesura de l'energia per comptabilitzar l'energia que entra i la que surt.



Sistemes fotovoltaics en xarxa

Teulats: es col·loquen directament damunt del teulat. Són sistemes senzills en forma modular i no tenen un pes excessiu.

Plantes de generació: són aplicacions de caràcter industrial que es poden instal·lar en zones rurals no aprofitades(hort solar) o col·locades en gran cobertes d'àrees urbanes (aparcaments, zones comercials, àrees esportives, naus industrials).

Integració en edificis: es substitueixen elements arquitectònics convencionals per nous elements incloent el fotovoltaic, tot i que es prioritza el nivell d'integració de l'element en l'estructura de l'edifici.

Projecte de sistema fotovoltaic connectat a la xarxa.

Procediment IDAE

(Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).

Les condicions tècniques que s'expliquen es basen en les elaborades pel IDAE en el plec de condicions tècniques d'instal·lacions connectades a la xarxa.

Projecte de sistema FV en xarxa

El primer pas és determinar la potència màxima o de pic del generador fotovoltaic. Es calcula a partir de:

- Complir l'exigència bàsica HE5, "contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica" fixada pel CTE (Código Técnico de la Edificación).
- La superfície disponible per instal·lar-hi el generador FV.
- Tot estarà condicionat per la inversió econòmica màxima que es vulgui fer, el cost de la qual varia cada any segons el preu de mercat dels aparells que el formen i per la legislació i la companyia elèctrica que ha de donar el permís de connexió a la xarxa.
- Després es calcularà la potència de l'inversor o dels inversors que formarà la potència nominal del sistema fotovoltaic.

Projecte de sistema FV en xarxa

Potència de pic del generador segons HE 5 del CTE

El CTE que és el marc normatiu que regula les exigències de qualitat que han de complir els edificis i les seves instal·lacions en Espanya. L'exigència HE 5 pels edificis que posin energia solar fotovoltaica per us propi o per subministrar a la xarxa, estableix les exigències mínimes que han de tenir les instal·lacions.

Els edificis indicats en la taula que superin els límits d'aplicació esmentats, hauran d'incorporar sistemes de captació i transformació d'energia solar FV menys en casos justificables per raons d'emplaçament, barreres insalvables, limitacions per rehabilitació, protecció històric-artística o si es cobreix la producció elèctrica amb d'altres fonts renovables.

Projecte de sistema FV en xarxa

Àmbit d'aplicació.

| Tipo de uso | Límite de aplicación |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Hipermercado | 5.000 m ² construidos |
| Multitienda y centros de ocio | 3.000 m ² construidos |
| Nave de almacenamiento | 10.000 m ² construidos |
| Administrativos | 4.000 m ² construidos |
| Hoteles y hostales | 100 plazas |
| Hospitales y clínicas | 100 camas |
| Pabellones de recintos feriales | 10.000 m ² construidos |

Projecte de sistema FV en xarxa

Determinació de la potència a instal·lar

La potència de pic es calcula amb la fórmula:

$$[1] \quad P_{\text{máx}} = C (A \cdot S + B)$$

$P_{\text{máx}}$: potencia máxima o de pico a instalar [kW].

A y B : coeficientes definidos en la tabla 5.2 en función del uso del edificio [kW/m² y kW respectivamente].

C : coeficiente definido en la tabla 5.3 en función de la zona climática establecida (ver figura 5.5) [sin unidades].

S : superficie construida del edificio [m²].

Projecte de sistema FV en xarxa

| Tipo de uso | A (kW/m ²) | B (kW) |
|---------------------------------|------------------------|--------|
| Hipermercado | 0,001875 | -3,13 |
| Multitienda y centros de ocio | 0,004688 | -7,81 |
| Nave de almacenamiento | 0,001406 | -7,81 |
| Administrativo | 0,001223 | 1,36 |
| Hoteles y hostales | 0,003516 | -7,81 |
| Hospitales y clínicas privadas | 0,000740 | 3,29 |
| Pabellones de recintos feriales | 0,001406 | -7,81 |

↑ **Tabla 5.2.** Coeficientes de uso.

| Zona climática | C |
|----------------|-----|
| I | 1 |
| II | 1,1 |
| III | 1,2 |
| IV | 1,3 |
| V | 1,4 |

↑ **Tabla 5.3.** Coeficientes climático.

Projecte de sistema FV en xarxa

Dimensionat de la potència a instal·lar

En qualsevol cas, la potència de pic mínima a instal·lar serà de 6,25kW, i l'inversor tindrà una potència mínima de 5kW.

La superfície S a considerar per varis edificis en un mateix recinte serà:

- a) Per un mateix us, la suma d'aquests.
- b) Diferents usos dels de la taula, la suma de les potències de pic de cada cas, sempre que siguin positives, i si surt superior a 6,25kW.



Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple calcular la potència de pic mínima d'un edifici nou situat a Burgos per us doble com hotel de 99 places ocupa 2.850m² i administratiu amb una superfície de 3.132m².:

- Coeficient climàtic $C=1,1$ per estar en la zona climàtica II.

- Ús administratiu: $A = 0,001223 \text{ kW/m}^2$ y $B = 1,36 \text{ kW}$.

$$P_{\text{m} \times 1} = C (A \cdot S + B) = 1,1 (0,001223 \cdot 3132 + 1,36) = 5,71 \text{ kW}$$

- Ús hoteler: $A = 0,003516 \text{ kW/m}^2$ y $B = -7,81 \text{ kW}$.

$$P_{\text{m} \times 2} = C (A \cdot S + B) = 1,1 (0,003516 \cdot 2850 - 7,81) = 2,43 \text{ kW}$$

- Total: $P_{\text{m} \times} = P_{\text{m} \times 1} + P_{\text{m} \times 2} = 5,71 + 2,43 = 8,14 \text{ kW}$

- La potència supera 6,25kW

Projecte de sistema FV en xarxa

Nou CTE Àmbit d'aplicació.

Quan es superin els 5000m2

| Tipo de uso |
|--|
| Hipermercado |
| Multi-tienda y centros de ocio |
| Nave de almacenamiento y distribución |
| Instalaciones deportivas cubiertas |
| Hospitales, clínicas y residencias asistidas |
| Pabellones de recintos feriales |

Projecte de sistema FV en xarxa

Determinació de la potència a instal·lar

La potència de pic es calcula amb la fórmula:

$$P = C \cdot (0,002 \cdot S - 5) \quad (2.1)$$

Siendo

- P la potencia nominal a instalar [kW];
- C el coeficiente definido en la tabla 2.1 en función de la zona climática establecida en el apartado 4.1;
- S la superficie construida del edificio [m²];

Tabla 2.1 Coeficiente climático

| Zona climática | C |
|----------------|-----|
| I | 1 |
| II | 1,1 |
| III | 1,2 |
| IV | 1,3 |
| V | 1,4 |

Projecte de sistema FV en xarxa

Potència de pic del generador per superfície disponible

La potència estarà limitada per la quantitat màxima de superfície que es pot ocupar:

| Tecnología del módulo | Superficie ocupada (m ² / kW) |
|-----------------------|--|
| Monocristalina | 6 a 9 |
| Policristalina | 7 a 10 |
| Capa fina | 15 a 20 |

Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple:

S'ha d'instal·lar un generador FV sobre un teulat de 9mx5m.

- a) Determinar la potència max. del generador FV
- b) Si s'usen mòduls monocristal·lins de 160w amb unes mesures de 1,6m de llarg per 0,8m d'alt , calcular el nombre de mòduls que es poden instal·lar i comprovar la millor disposició.

Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple:

a) Superfície del teulat $s=l \times a = 9 \times 5 = 45\text{m}^2$

Per a tecnologia monocristal·lina la superfície que ocupa està en el rang de 6 a 9 m²/kW. La potència max:

$$P_{G \text{ màx}} = \frac{S}{6 \dots 9} = \frac{45}{6 \dots 9} = 7,5 \dots 5 \text{ kW}$$

b) El nombre de mòduls de 160W:

$$N = \frac{P_{G \text{ màx}}}{P_{\text{màx}}} = \frac{7,5 \dots 5}{0,16} = 46,8 \dots 31,2$$

Es poden instal·lar entre 32 i 47 mòduls

Projecte de sistema FV en xarxa

Tenim dues opcions de muntatge :

En posició vertical

$$\frac{\text{Longitud del tejado}}{\text{Ancho del módulo}} = \frac{9}{0,8} = 11,25$$

$$\frac{\text{Ancho del tejado}}{\text{Largo del módulo}} = \frac{5}{1,6} = 3,125$$

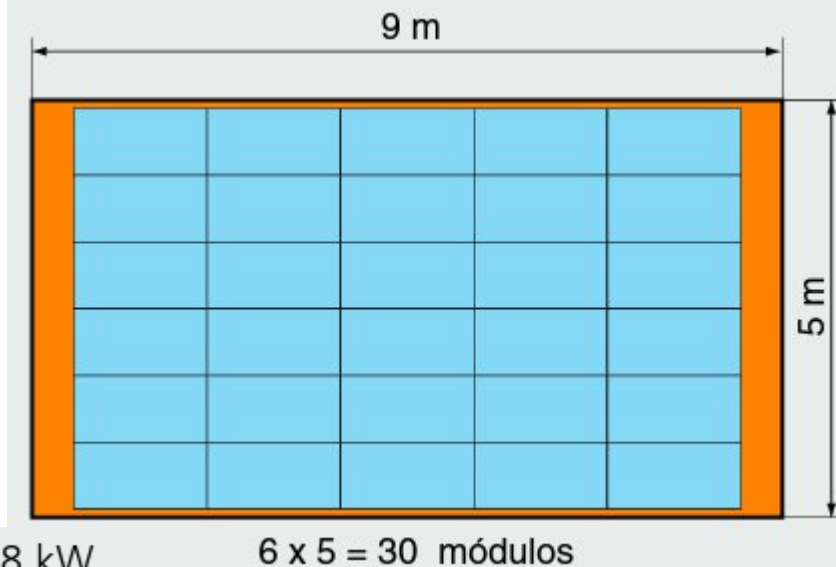
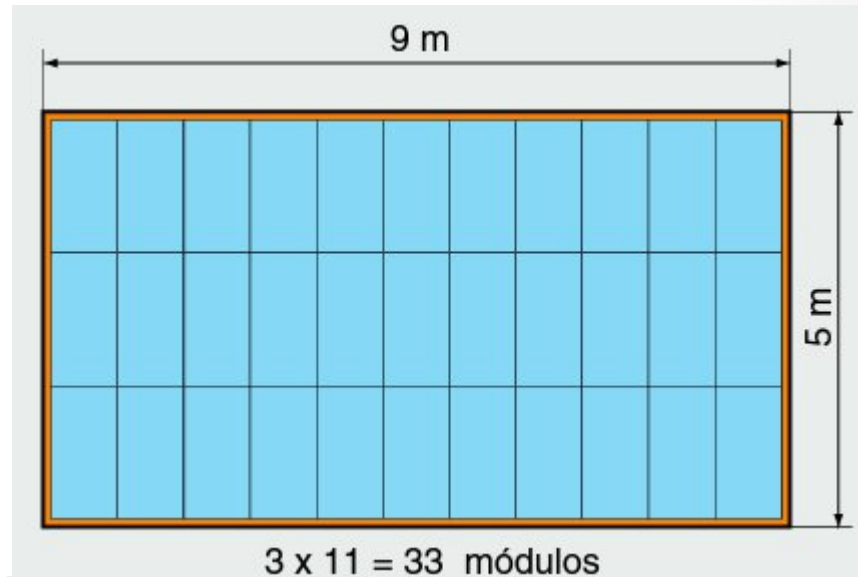
En posició apaïxada

$$\frac{\text{Longitud del tejado}}{\text{Largo del módulo}} = \frac{9}{1,6} = 5,62$$

$$\frac{\text{Ancho del tejado}}{\text{Ancho del módulo}} = \frac{5}{0,8} = 6,25$$

Llavors la potència de pic:

$$P_{G \text{ màx}} = N \cdot P_{\text{màx}} = 33 \cdot 160 = 5.280 \text{ W} = 5,28 \text{ kW}$$



Projecte de sistema FV en xarxa

Orientació i inclinació i ombres

S'han d'escollir per no superar els límits establerts en la taula.

Es consideren tres tipus d'instal·lació pels mòduls i diferents percentatges de pèrdues:

General: mòduls per només generar energia.

Integració arquitectònica: doble funció, energètica i arquitectònica, suplint elements constructius convencionals.

Superposició: es col·loquen paral·lels a la evolvent de l'edifici sense doble funcionalitat.

Projecte de sistema FV en xarxa

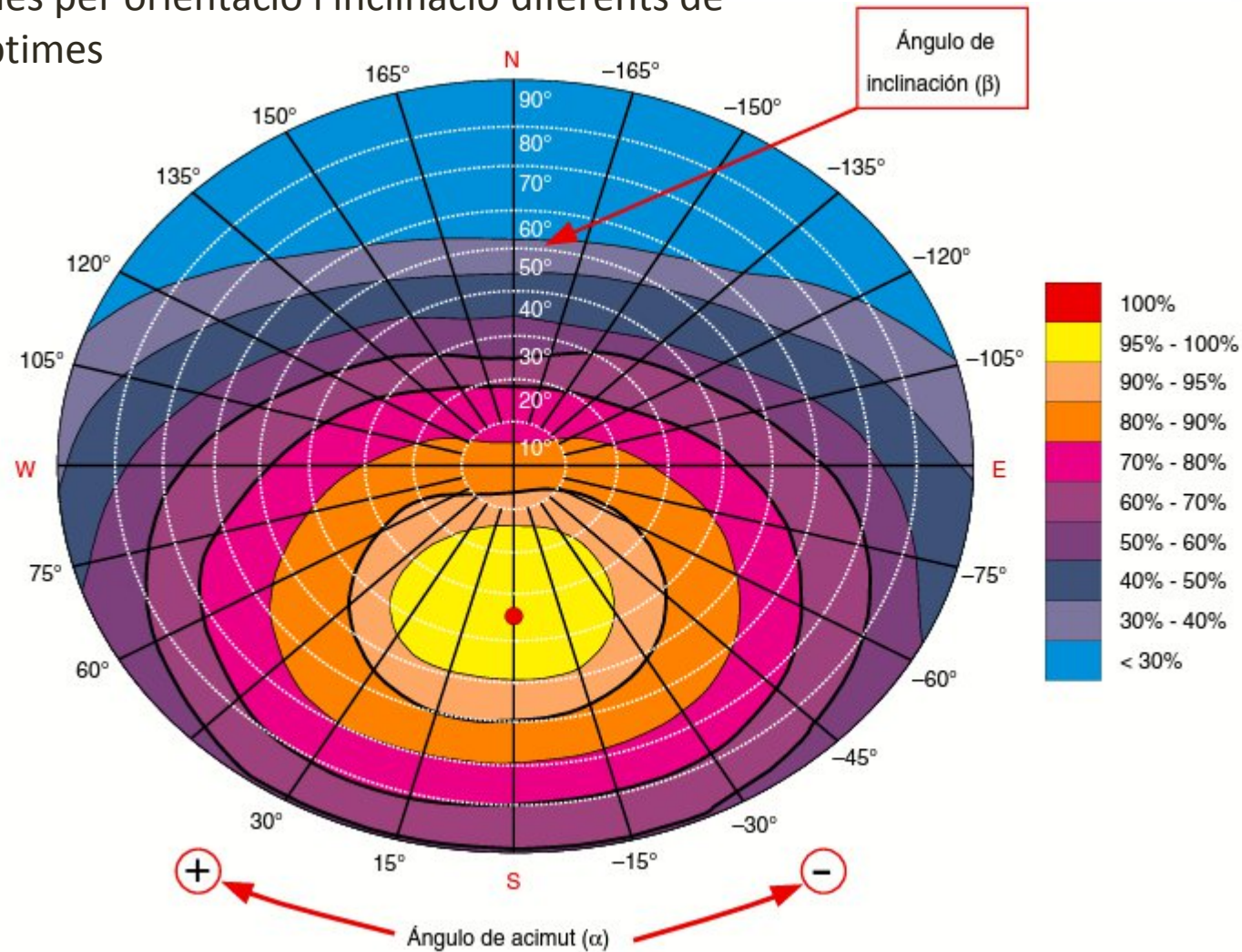
Orientació i inclinació i ombres

En tots els casos s'han de complir tres condicions: pèrdues per orientació, pèrdues per ombrejat i pèrdues totals inferiors als límits de la taula respecte als valors òptims.

| Tipo de instalación de los módulos | Orientación e inclinación (OI) | Sombras (S) | Total (OI + S) |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------|----------------|
| General | 10 % | 10 % | 15 % |
| Superposición | 20 % | 15 % | 30 % |
| Integración arquitectónica | 40 % | 20 % | 50 % |

Projecte de sistema FV en xarxa

Pèrdues per orientació i inclinació diferents de les òptimes



Projecte de sistema FV en xarxa

Pèrdues per orientació i inclinació diferents de les òptimes

Per fer rentable el generador FV, s'han de calcular les pèrdues si la orientació i la inclinació no són les òptimes.

Es parteix de l'azimut i es calculen els límits d'inclinació acceptables, segons les màximes que marca la taula anterior. Es fa servir el diagrama anterior que serveix per una latitud de 41° .

Els eixos radials representen tots els angles d'azimut, des de 0° fins el nord 180° , passant pels negatius de l'est i positius de l'oest. Les el·lipses representen totes les inclinacions de 0 a 90° .

Per saber les inclinacions límit es busquen les interseccions en els extrems exteriors de l'àrea de les pèrdues acceptables, amb l'angle d'azimut que es tinguin els mòduls. Segons el tipus d'instal·lació dels mòduls hi ha unes pèrdues màximes acceptables a considerar.

Projecte de sistema FV en xarxa

Pèrdues per orientació i inclinació diferents de les òptimes

- General: pèrdues màximes del 10%. Correspon a l'extrem exterior de la regió de rendiment 90-95% de color taronja clar.
- Superposició: Pèrdues màximes del 20%. Correspon a l'extrem exterior de la regió de rendiment 80-90% de color taronja fosc.
- Integració arquitectònica: Pèrdues màximes del 40%. Correspon a l'extrem de la regió de rendiment 60-70%.

Si no hi ha intersecció és que les pèrdues són superiors.

Projecte de sistema FV en xarxa

Pèrdues per orientació i inclinació diferents de les òptimes

Si la latitud és diferent de 41° , s'han de corregir els valors obtinguts:

Inclinación máxima: [2] $\beta_{\text{máx}} = \beta_{\text{máx } \phi = 41^\circ} - (41 - \phi)$

Inclinación mínima: [3] $\beta_{\text{mín}} = \beta_{\text{mín } \phi = 41^\circ} - (41 - \phi)$; con un mínimo de 0°

$\beta_{\text{máx } \phi = 41^\circ}$: inclinación máxima para latitud 41° ($^\circ$)

$\beta_{\text{máx}}$: inclinación máxima para latitud ϕ ($^\circ$)

$\beta_{\text{mín } \phi = 41^\circ}$: inclinación mínima para latitud 41° ($^\circ$)

$\beta_{\text{mín}}$: inclinación mínima para latitud ϕ ($^\circ$)

ϕ : latitud del lugar ($^\circ$)

Quan el resultat de la inclinació obtinguda està prop del límit es pot comprovar amb les expressions:

[4] $\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4}(\beta - \phi + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2]$; para $15^\circ < \beta < 90^\circ$

[5] $\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4}(\beta - \phi + 10)^2]$; para $\beta \leq 15^\circ$

β : inclinación del generador fotovoltaico ($^\circ$)

α : orientación o acimut del generador fotovoltaico ($^\circ$)

ϕ : latitud del lugar ($^\circ$)

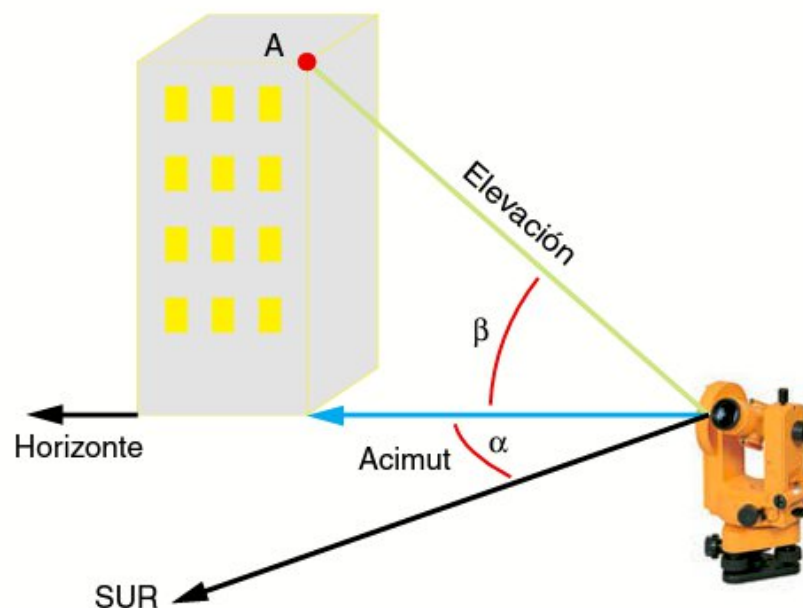
Projecte de sistema FV en xarxa

Pèrdues per ombres.

S'expressen en tant per cent de la irradiació respecte no haver-hi ombres.

El procediment per estimar-les consisteix en comparar el perfil dels obstacles que afecten a la superfície del generador FV amb el diagrama de trajectòries del sol de la carta solar del lloc de la instal·lació.

- 1) s'obté un perfil dels principals obstacles que afecten el generador tenint en compte la seva posició angle d'azimut i angle d'elevació. Amb un teodolit situat on estigui el generador.



Projecte de sistema FV en xarxa

Pèrdues per ombres.

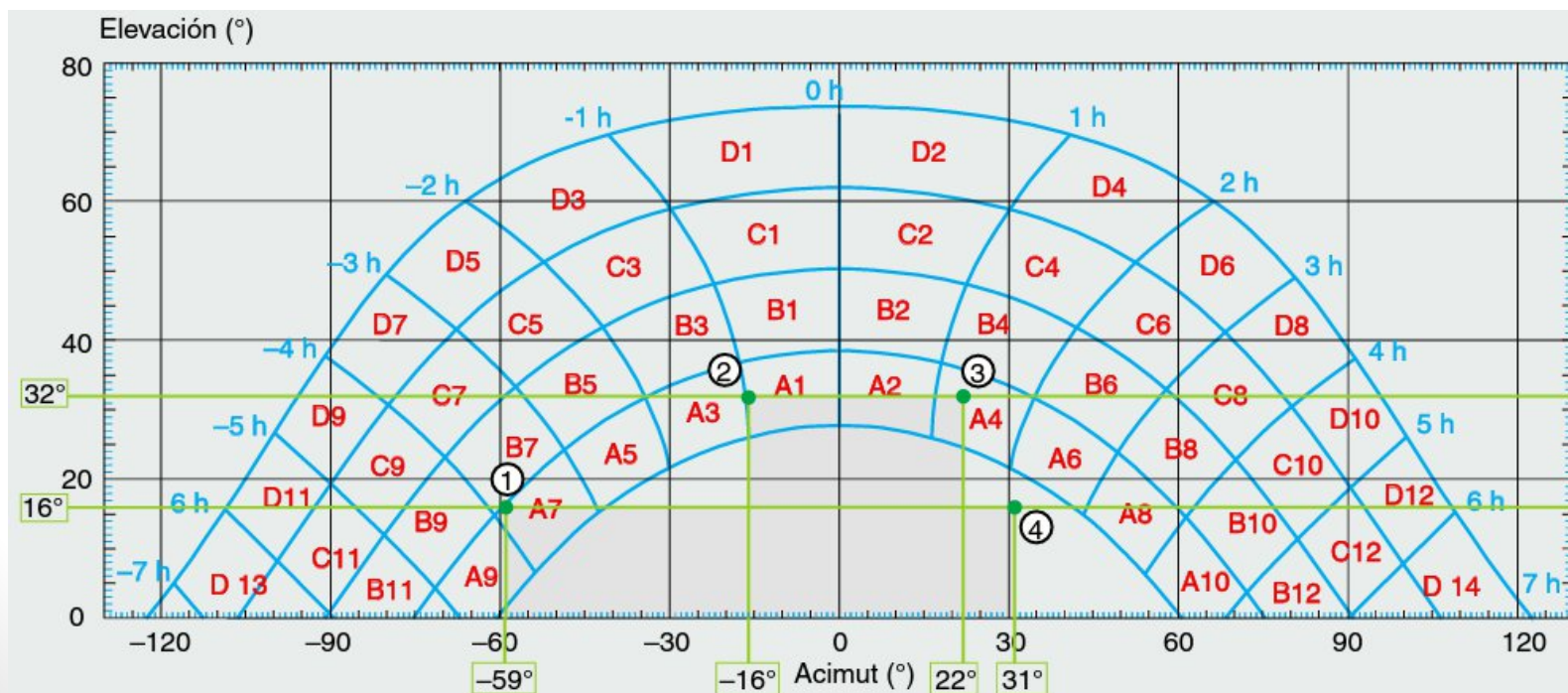
2) Es porten les coordenades del perfil a la carta solar. Aquest diagrama de trajectòries està dividit en porcions A1,A2,...,D13 i D14 que representen les trajectòries del sol en una hora determinada per un grup de dies. Cadascuna de les porcions representa una part de la contribució a la irradiació solar global anual que incideix sobre la superfície en estudi. Si un obstacle cobreix total o parcialment una d'aquestes porcions , vol dir pèrdua d'irradiació. Per calcular el tant per cent de pèrdues de cada porció s'ha d'escollir una de les taules de referència, seleccionant aquella amb els angles d'elevació i azimuth més pròxims amb els de la instal·lació.

3) Un cop seleccionada una taula de referència es sumen les contribucions de les porcions total o parcialment amagades per l'obstacle amb valors de 0,25, 0,50 i 0,75.

Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple

Amb un teodolit s'han mesurat les coordenades del perfil dels obstacles, el generador FV està situat en el teulat d'un edifici de Toledo, amb una inclinació de 30° i un azimuth de 0° . Les mesures són: P1: $\alpha = -59^\circ$, $\beta = 16^\circ$. P2: $\alpha = -16^\circ$, $\beta = 32^\circ$. P3: $\alpha = 22^\circ$, $\beta = 32^\circ$. P4: $\alpha = 31^\circ$, $\beta = 16^\circ$.



Projecte de sistema FV en xarxa

| | $\beta = 35^\circ ; \alpha = 0^\circ$ | | | | $\beta = 0^\circ ; \alpha = 0^\circ$ | | | | $\beta = 90^\circ ; \alpha = 0^\circ$ | | | | $\beta = 35^\circ ; \alpha = 30^\circ$ | | | |
|----|---------------------------------------|------|------|------|--------------------------------------|------|------|------|---------------------------------------|------|------|------|--|------|------|------|
| | A | B | C | D | A | B | C | D | A | B | C | D | A | B | C | D |
| 13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 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 | 3,15 | 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 |

| | $\beta = 90^\circ ; \alpha = 30^\circ$ | | | | $\beta = 35^\circ ; \alpha = 60^\circ$ | | | | $\beta = 90^\circ ; \alpha = 60^\circ$ | | | | $\beta = 35^\circ ; \alpha = -30^\circ$ | | | |
|----|--|------|------|------|--|------|------|------|--|------|------|------|---|------|------|------|
| | 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 |

Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple

Els factors d'emplenat estimats per a cadascuna de les porcions són:
 $A_9=0,25$, $A_7=0,5$, $A_1=0,5$, $A_2=0,5$, $A_4=0,25$.

Per a una inclinació de 30° i un azimuth de 0° la taula de referència que més s'hi aproxima és la de 35° i azimuth 0° d'on s'obtenen els tant per cents de pèrdues d'irradiació solar global anuals: $A_9=0,13\%$, $A_7=1\%$, $A_1=3\%$, $A_2=3,17\%$, $A_4=2,7\%$.

I multiplicant pel factor d'emplenat i sumant :

Pèrdues d'ombres

$$(\%) = 0,13 \times 0,25 + 1 \times 0,5 + 3,15 \times 0,5 + 3,17 \times 0,5 + 2,7 \times 0,25 = 4,37\%$$

El factor d'ombra serà:

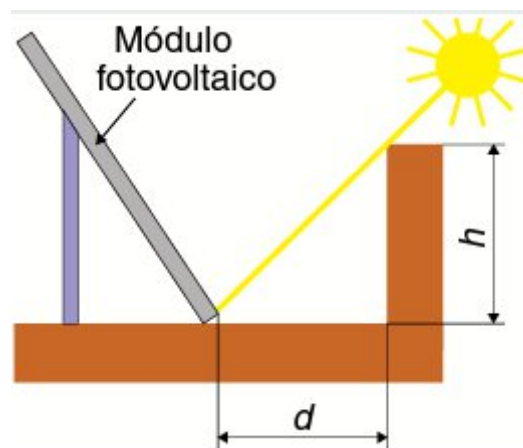
$$FS = 1 - \text{Pèrdues d'ombres} = 1 - 0,0437 = 0,9563$$

Projecte de sistema FV en xarxa

Distància mínima entre files de mòduls

Si el generador FV està format per vàries files de mòduls s'ha de vigilar amb l'ombrejat de les files davanteres a les posteriors, així com qualsevol obstacle paral·lel a les files.

S'ha de deixar una separació mínima entre files que garanteixi un mínim de 4 hores de sol en els dies de menys elevació solar (solstici d'hivern).



Projecte de sistema FV en xarxa

Distància mínima entre files de mòduls

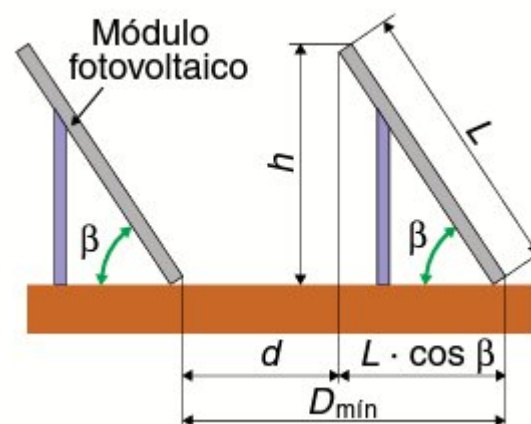
La distància mínima entre la part superior d'una fila i la part inferior de la següent ha de complir que:

$$[6] \quad d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \phi)}$$

d : distància mínima (m)

h : altura del obstacle projectada sobre la vertical (m)

ϕ : latitud del lloc ($^\circ$)



L'alçada projectada sobre la vertical d'una fila es calcula a partir de l'angle d'inclinació i la longitud del mòdul:

$$[7] \quad h = L \cdot \sin \beta$$

h : altura projectada sobre la vertical de un mòdul (m)

L : longitud del mòdul (m)

β : inclinació del mòdul ($^\circ$)

Projecte de sistema FV en xarxa

Distància mínima entre files de mòduls

O la distància mínima entre la part inferior de les files dels mòduls:

$$[8] \quad D_{\min} = d + L \cdot \cos \beta$$

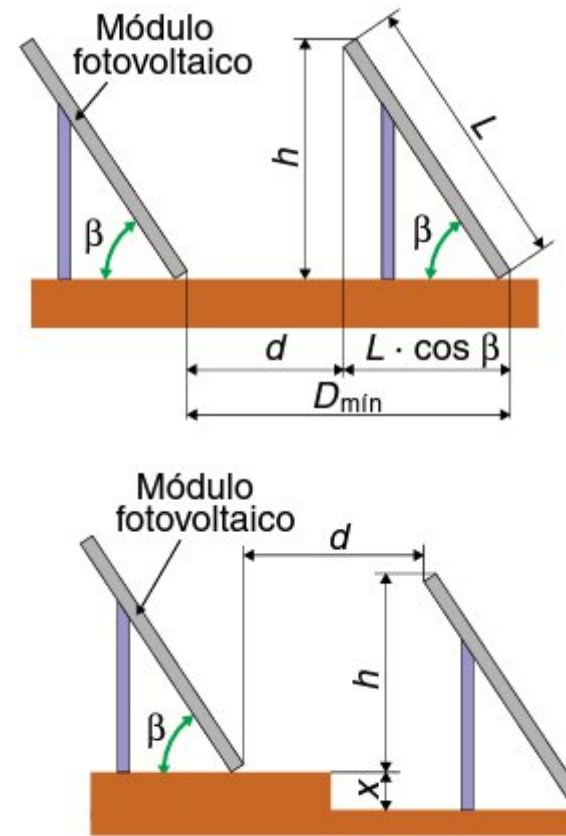
D_{\min} : distància mínima entre filas de mòduls (m)

d : distància mínima (m)

L : longitud del mòdul (m)

β : inclinació de los mòduls ($^{\circ}$)

En els casos que les files es situïn en diferents plans, l'alçada projectada de l'obstacle és la diferència entre l'alçada projectada del mòdul i la diferència d'alçades x entre una fila i la següent:



Projecte de sistema FV en xarxa

Quan hi ha poc espai pel generador FV es pot escollir una inclinació més petita que l'òptima per disminuir la distància entre mòduls. Es perd en rendiment però es guanya amb més mòduls i més potència.

Exemple: Un generador format per varies files de mòduls de 1,2m de longitud, es vol instal·lar amb una inclinació de 31° en un lloc de latitud 41° . Calcular la distància mínima entre les files de mòduls.

Alçada projectada sobre la vertical d'una fila:

$$H = L \cdot \sin \beta = 1,2 \times \sin 31^\circ = 0,62 \text{ m.}$$

Distància entre part superior d'una fila i la inferior següent:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \phi)} = \frac{0,62}{\operatorname{tg}(61 - 41)} = \frac{0,62}{0,3639} = 1,7 \text{ m}$$

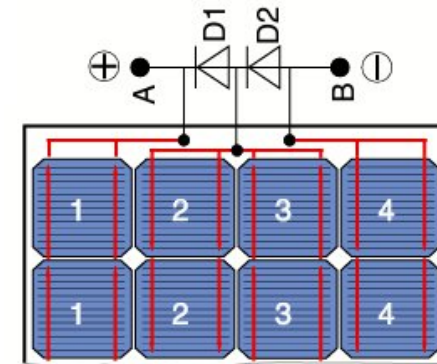
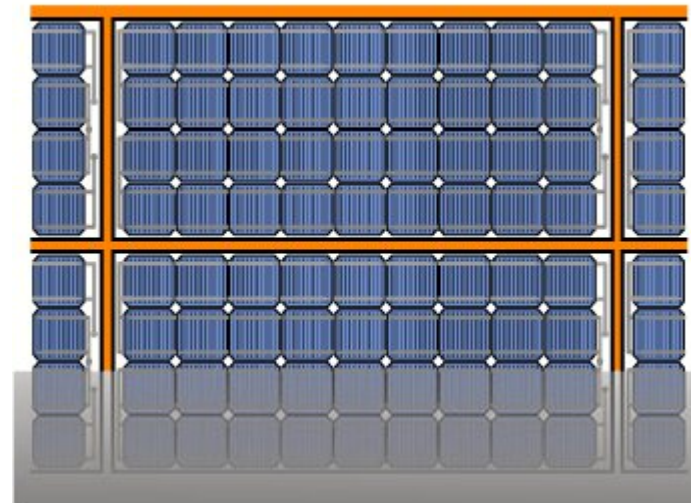
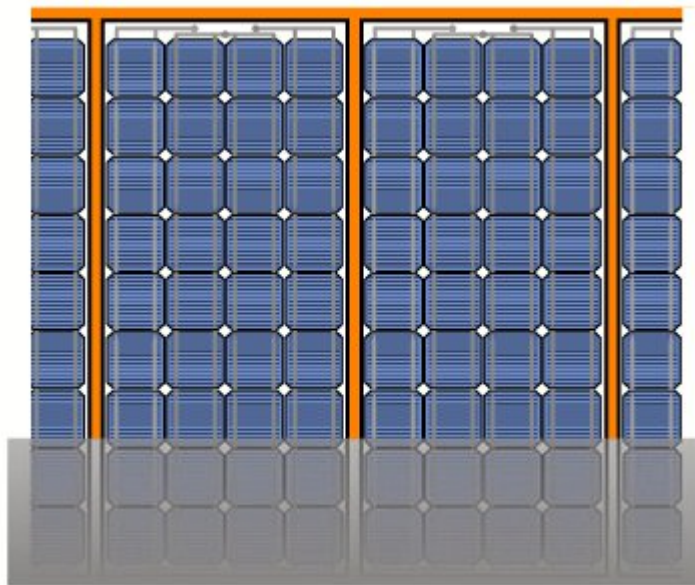
Distància entre parts inferiors:

$$D_{\min} = d + L \cdot \cos \beta = 1,7 + 1,2 \cdot \cos 31 = 2,73 \text{ m}$$

Projecte de sistema FV en xarxa

Altres ombrejats i solucions per minimitzar-los

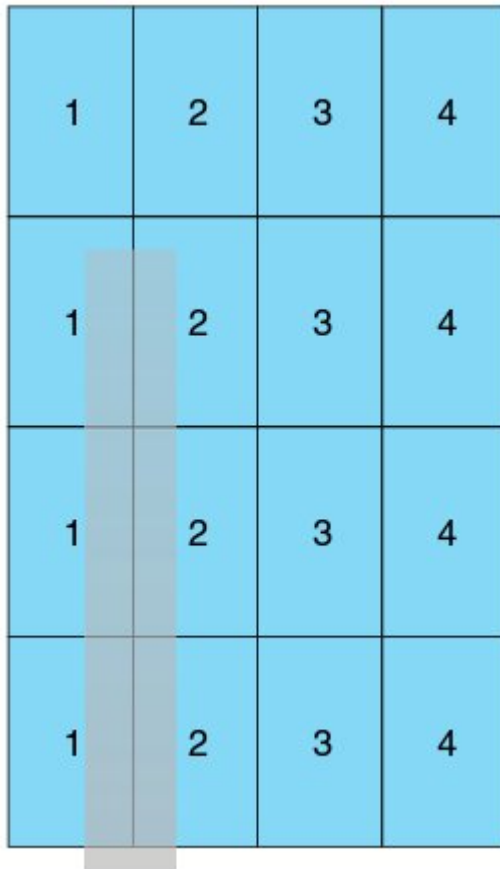
Una disposició adequada pot reduir les ombres, o escollint una connexió diferent en les branques en sèrie.



Projecte de sistema FV en xarxa

Altres ombrejats i solucions per minimitzar-los

Una disposició adequada pot reduir les ombres, o escollint una connexió diferent en les branques en sèrie.



A 4x4 grid of solar panels, each labeled with the number 1 in the first column and 2, 3, or 4 in the subsequent columns. A vertical grey shadow is cast over the first column, indicating that all panels in this column are shaded.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |



A 4x4 grid of solar panels. The first two columns have panels labeled 1 and 1, the next two have panels labeled 3 and 3. A diagonal grey shadow is cast from the bottom-left corner, covering the bottom-right portion of the array.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 3 | 3 |
| 1 | 1 | 3 | 3 |
| 2 | 2 | 4 | 4 |
| 2 | 2 | 4 | 4 |

Projecte de sistema FV en xarxa

Dimensionat de l'inversor.

Primer s'ha de mirar si es fa servir un inversor monofàsic o un de trifàsic.

Segons el R.D. 1663/2000 que regula les condicions tècniques bàsiques de connexió a la xarxa de baixa tensió de les instal·lacions fotovoltaïques no superiors a 100kVA, per una potència nominal de la instal·lació fotovoltaica superior a 5kW es farà en trifàsic.

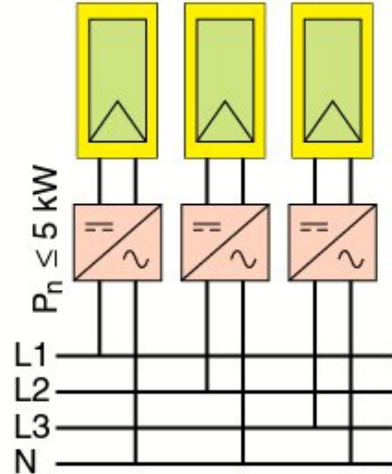
Si es fa trifàsic s'haurà de repartir el més equilibrat possible, sense que hi hagi una diferència de 5kW entre fases.

Es podran seguir varies alternatives:

Projecte de sistema FV en xarxa

Connexions dels inversors trifàsics.

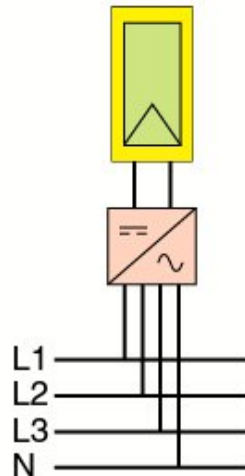
Generador fotovoltaico



Monofàsics

Multicadena

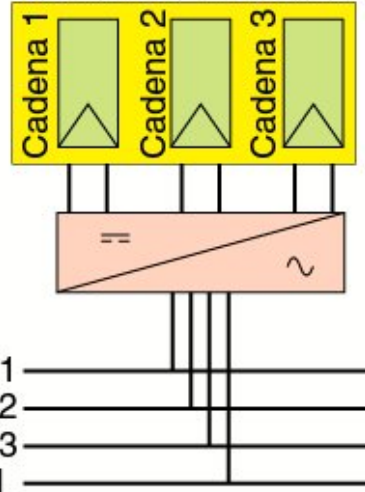
Generador fotovoltaico



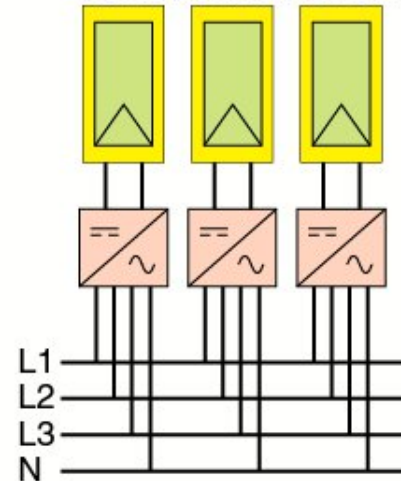
Trifàsic >10kW

Trifàsics en paral·lel

Generador fotovoltaico



Generador fotovoltaico



Projecte de sistema FV en xarxa

Dimensionat de l'inversor.

En els inversors per connexió a la xarxa els paràmetres són:

- Potència nominal (P_{inv}). Ha d'estar entre el 80% i el 90% de la potència del generador FV.
- Rang de tensions d'entrada del seguidor MPP de l'inversor ha de ser superior als valors màxim i mínim que pot donar el generador FV en el punt de màxima potència per la T_a de -10°C i 70°C respectivament.

$$U_{inv \text{ mín}} \leq U_{G \text{ mpp}(70^{\circ}\text{C})}$$

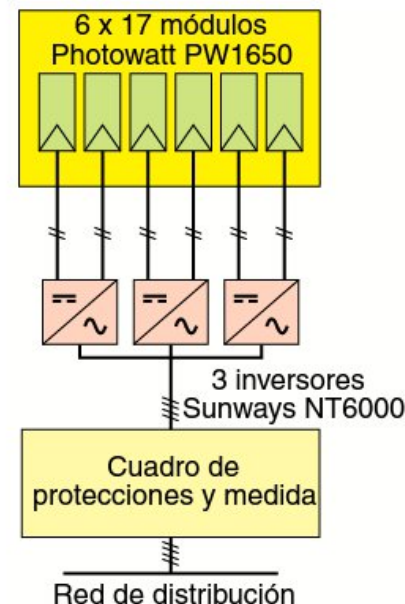
$$U_{inv \text{ máx}} \geq U_{G \text{ mpp}(-10^{\circ}\text{C})}$$

Tensió màxima ($U_{max \text{ buit}}$). Ha de suportar la tensió màxima U_{Goc} a -10°C .

Intensitat màxima ($I_{inv \text{ max}}$). Ha de suportar la intensitat I_{Gsc} a 70°C .

Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple Un generador FV de 15kW de potència nominal està constituït de 102 mòduls Photowatt, PW1650, organitzats en 6 branques de 17mòduls cadascuna. ES volen fer servir tres inversors monofàsics Sunways NT6000, amb dues branques del generador connectades en cada inversor. Comprovar que les característiques de l'inversor s'adeqüen amb els paràmetres del generador FV.



Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple

Un mòdul Photowatt PW1650:

$P_{\text{màx}}: 165 \text{ W}; U_{\text{oc}}: 43,2 \text{ V}; I_{\text{sc}}: 5,1 \text{ A}; U_{\text{mpp}}: 34,3 \text{ V}; \alpha: 1,46 \text{ mA/}^\circ\text{C}; \beta: -158 \text{ mV/}^\circ\text{C}.$

Les característiques dels inversors Sunways NT6000:

- Potencia nominal: 5.000 W
- Rango de tensión MPP: 350...750 V
- Tensión de vacío máxima: 850 V
- Corriente nominal en la salida de c.a.: 21,7 A
- Corriente máxima en la entrada de c.c.: 18 A
- Potencia máxima del generador: 6.250 W

La potència nominal de la instal·lació es reparteix entre els 3 inversors de 5kW.

Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple

Potència del generador fotovoltaic:

$$P_{G \text{ màx}} = N_s \cdot N_p \cdot P_{\text{màx}} = 17 \cdot 6 \cdot 165 = 16.830 \text{ W}$$

La potència del generador fotovoltaic que correspon a cada inversor:

$$P_{G \text{ màx inv}} = N_s \cdot N_p \cdot P_{\text{màx}} = 17 \cdot 2 \cdot 165 = 5.610 \text{ W}$$

1. ES comprova que la potència nominal de l'inversor compleix amb el 80-90% de la $P_{G \text{ màx inv}}$:

$$P_{\text{inv}} = 0,8 \dots 0,9 \cdot P_{G \text{ màx inv}} = 0,8 \dots 0,9 \cdot 5.610 = 4.488 \dots 5.049 \text{ W}$$

Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple

2. Comprovem que el rang de tensions d'entrada del seguidor MPP de l'inversor (350-750V), la tensió màxima en buit (850V) i la intensitat màxima (18A):

a) Paràmetres d'un mòdul FV en -10° i 70°C :

Valor mínim:

$$U_{\text{mpp}} (70^{\circ}\text{C}) = U_{\text{mpp}} + \beta \cdot (T - 25) = 34,3 + (-158 \cdot 10^{-3}) \cdot (70 - 25) = 27,19 \text{ V}$$

Valor màxim:

$$U_{\text{mpp}} (-10^{\circ}\text{C}) = U_{\text{mpp}} + \beta \cdot (T - 25) = 34,3 + (-158 \cdot 10^{-3}) \cdot (-10 - 25) = 39,83 \text{ V}$$

Tensió màxima en buit:

$$U_{\text{oc}} (-10^{\circ}\text{C}) = U_{\text{oc}} + \beta \cdot (T - 25) = 43,2 + (-158 \cdot 10^{-3}) \cdot (-10 - 25) = 48,73 \text{ V}$$

Intensitat màxima:

$$I_{\text{sc}} (70^{\circ}\text{C}) = I_{\text{sc}} + \alpha \cdot (T - 25) = 5,1 + 1,46 \cdot 10^{-3} \cdot (70 - 25) = 5,17 \text{ A}$$

Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple

b) Paràmetres del generador FV per cada inversor en -10º i 70ºC:

Valor mínim:

$$U_{G \text{ mpp } (70^\circ \text{C})} = N_s \cdot U_{\text{mpp}} = 17 \cdot 27,19 = 462,23 \text{ V}$$

Valor màxim:

$$U_{G \text{ mpp } (-10^\circ \text{C})} = N_s \cdot U_{\text{mpp}} = 17 \cdot 39,83 = 677,11 \text{ V}$$

Tensió màxima en buit:

$$U_{G \text{ oc } (-10^\circ \text{C})} = N_s \cdot U_{\text{oc}} = 17 \cdot 48,73 = 828,41 \text{ V}$$

Intensitat màxima:

$$I_{G \text{ sc } (70^\circ \text{C})} = N_p \cdot I_{\text{sc}} = 2 \cdot 5,17 = 10,34 \text{ A}$$

Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple

c) Comprovar que compleix les condicions de:

Rang de tensions d'entrada del seguidor MPP de l'inversor

$$U_{\text{inv mín}} \leq U_{G \text{ mpp}} (70^\circ\text{C}) \rightarrow 350 \leq 462,23 \text{ V}$$

$$U_{\text{inv máx}} \geq U_{G \text{ mpp}} (-10^\circ\text{C}) \rightarrow 750 \geq 677,11 \text{ V}$$

Tensió màxima en buit:

$$U_{\text{máx vació}} \geq U_{G \text{ oc}} (-10^\circ\text{C}) \rightarrow 850 \geq 828,41 \text{ V}$$

Intensitat màxima:

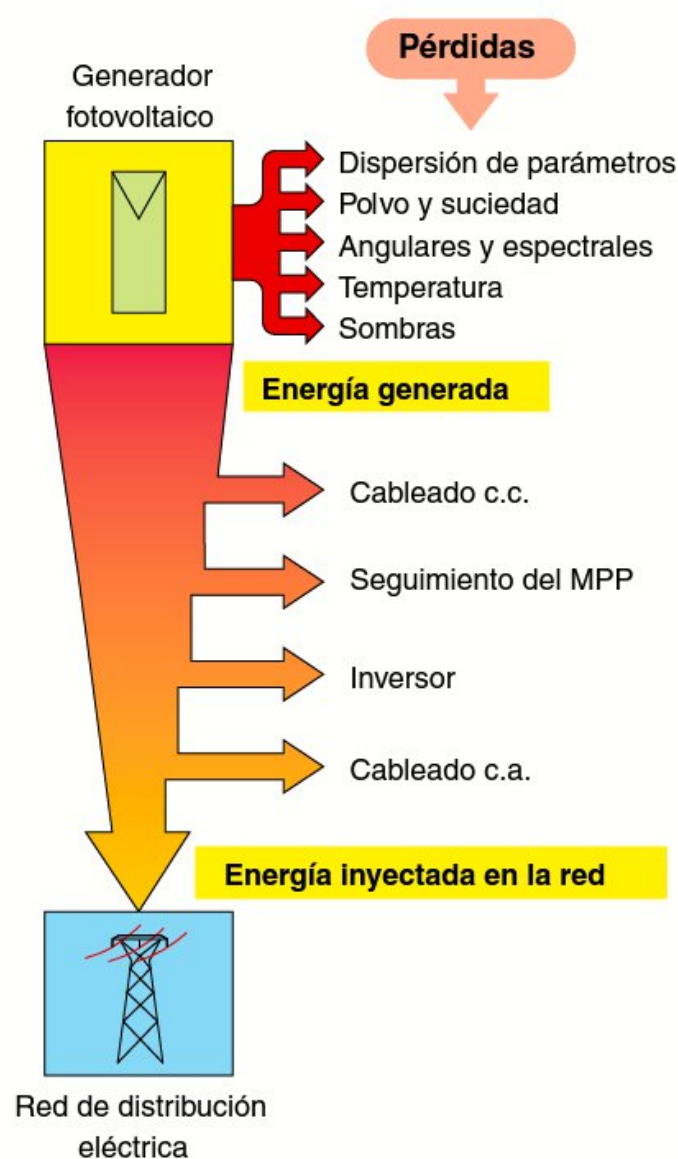
$$I_{\text{inv máx}} \geq I_{G \text{ sc}} (70^\circ\text{C}) \rightarrow 18 \geq 10,34 \text{ A}$$

Projecte de sistema FV en xarxa

Previsió de producció:

Per determinar la rendibilitat s'ha de fer un càlcul de la producció anual esperada, i incloure-la en una memòria junt amb les produccions mensuals màximes teòriques en funció de la irradiància, potència instal·lada i el rendiment.

1. $G_{dm}(0)$ i $G_{da}(0)$ de fonts oficials.
2. $G_{dm}(\alpha, \beta)$ i $G_{da}(\alpha, \beta)$ descomptant pèrdues ombres, si superiors al 10%.
3. PR de la instal·lació.



Projecte de sistema FV en xarxa

Energia injectada:

$$[14] \quad W_d = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{G \text{ m\acute{a}x}} \cdot PR}{G_{CEM}}$$

W_d : energia diaria injectada en la red (kWh)

$G_{dm}(\alpha, \beta)$: valor medio mensual de la irradiaci3n diaria sobre el plano del generador (kWh/(m²·día))

$P_{G \text{ m\acute{a}x}}$: potencia m\acute{a}xima o de pico del generador fotovoltaico (kW)

PR : rendimiento energ\acute{e}tico de la instalaci3n, expresado en tanto por uno

G_{CEM} : irradiancia en condiciones CEM (constante de valor 1 kW / m²)

Productivitat anual del generador.

$$[15] \quad Y_F = \frac{W_a}{P_{G \text{ m\acute{a}x}}}$$

Y_F : productividad anual del generador fotovoltaico (kWh/kWp)

W_a : energia anual injectada en la red (kWh)

$P_{G \text{ m\acute{a}x}}$: potencia m\acute{a}xima o de pico del generador fotovoltaico (kW 3 kWp)

Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple

Per a un generador FV de 15kW de potència nominal i 16,83KW de potència de pic instal·lat a Burgos, amb una inclinació de 33º i un azimuth de 0º, s'han estimat les pèrdues:

- Pèrdues dispersió paràmetres mòduls FV: 3%
- Pèrdues per pols, angulars i espectrals: 4%
- Pèrdues ombrejat: 1%
- Pèrdues per temperatura. Les calcula un programa informàtic, segons la situació Burgos, i la temperatura d'operació nominal del mòdul $T_{oc}=47^{\circ}\text{C}$
- Pèrdues cablejat: 1,5%.
- Pèrdues de l'inversor: 3%.
- Pèrdues per no seguiment MPP : 5%.
- Altres (baixa irradiància, averies, parades): 2%.

Projecte de sistema FV en xarxa

| Generador $P_{G \text{ m}\acute{a}x} = 16,83 \text{ kW}$ pico, orientado al Sur, $\alpha = 0^\circ$ e inclinado $\beta = 33^\circ$ | | | | |
|--|---|--|---------------|--------------------|
| Mes | $G_{dm}(0)$ [kWh/(m ² · día)] | $G_{dm}(\alpha = 0^\circ, \beta = 33^\circ)$ [kWh/(m ² · día)] | PR | W_d (kWh/día) |
| Enero | 1,03 | 1,184 | 0,7965 | 15,88 |
| Febrero | 2,22 | 2,554 | 0,7894 | 33,93 |
| Marzo | 2,99 | 3,443 | 0,7822 | 45,33 |
| Abril | 4,00 | 4,595 | 0,7757 | 59,99 |
| Mayo | 5,03 | 5,785 | 0,7663 | 74,61 |
| Junio | 5,95 | 6,847 | 0,7355 | 84,75 |
| Julio | 6,38 | 7,335 | 0,7268 | 89,72 |
| Agosto | 5,58 | 6,414 | 0,7274 | 78,52 |
| Septiembre | 4,01 | 4,616 | 0,7355 | 57,14 |
| Octubre | 2,79 | 3,205 | 0,7691 | 41,49 |
| Noviembre | 1,44 | 1,651 | 0,7841 | 21,79 |
| Diciembre | 0,81 | 0,930 | 0,7937 | 12,42 |
| Promedio anual | 3,52 | 4,05 | 0,7652 | 51,30 |

Projecte de sistema FV en xarxa

| Mes | W_d (kWh/día)) | Días por mes | Producción mensual (kWh) |
|--|---------------------|--------------|--------------------------|
| Enero | 15,88 | 31 | 492,21 |
| Febrero | 33,93 | 28 | 950,08 |
| Marzo | 45,33 | 31 | 1.405,24 |
| Abril | 59,99 | 30 | 1.799,64 |
| Mayo | 74,61 | 31 | 2.312,83 |
| Junio | 84,75 | 30 | 2.542,42 |
| Julio | 89,72 | 31 | 2.781,33 |
| Agosto | 78,52 | 31 | 2.434,12 |
| Septiembre | 57,14 | 30 | 1.714,24 |
| Octubre | 41,49 | 31 | 1.286,13 |
| Noviembre | 21,79 | 30 | 653,76 |
| Diciembre | 12,42 | 31 | 384,92 |
| Producción anual (W_a) | | | 18.756,93 |

$$Y_F = \frac{W_a}{P_{G \text{ máx}}} = \frac{18.756,93}{16,83} = 1.114,5 \text{ kWh / kWp}$$

Projecte de sistema FV en xarxa

Dimensionat dels conductors:

Dades de potències o intensitats, tensions i longituds dels trams.

Tensions: En CA normalment 230V monofàsic o 400V trifàsic. En CC la tensió de la caixa de connexions del generador FV, que és la UGmpp en condicions CEM.

Els trams típics són:

- Connexió dels mòduls connectats en sèrie d'una cadena a la caixa de connexions del generador FV (1).
- Connexió de la caixa de connexió del generador FV a l'inversor (2).
- Connexió de l'inversor a la caixa de mando i proteccions (3).

Els corrents a considerar:

- En (1) la I_{sc} d'un mòdul en condicions CEM.
- En (2) la I_{sc} del generador FV en condicions CEM.
- En (3) el corrent de sortida de l'inversor per la seva potència nominal i la seva tensió nominal de CA.

A tots els trams aplicar el factor 1,25 en compliment de ITC BT 40.

Projecte de sistema FV €

Dimensionat dels conductors:

La màxima caiguda de tensió permesa segons ITC BT 40 és del 1,5% entre el generador i la instal·lació interior.

Aquesta cdt s'ha de repartir en cada tram i com que els valors de tensió i corrent són similars, un criteri és repartir-la proporcionalment a les longituds.

Tipus de cable:

- En tots els trams cables amb aïllament termoestable per $T_a=90^{\circ}\text{C}$

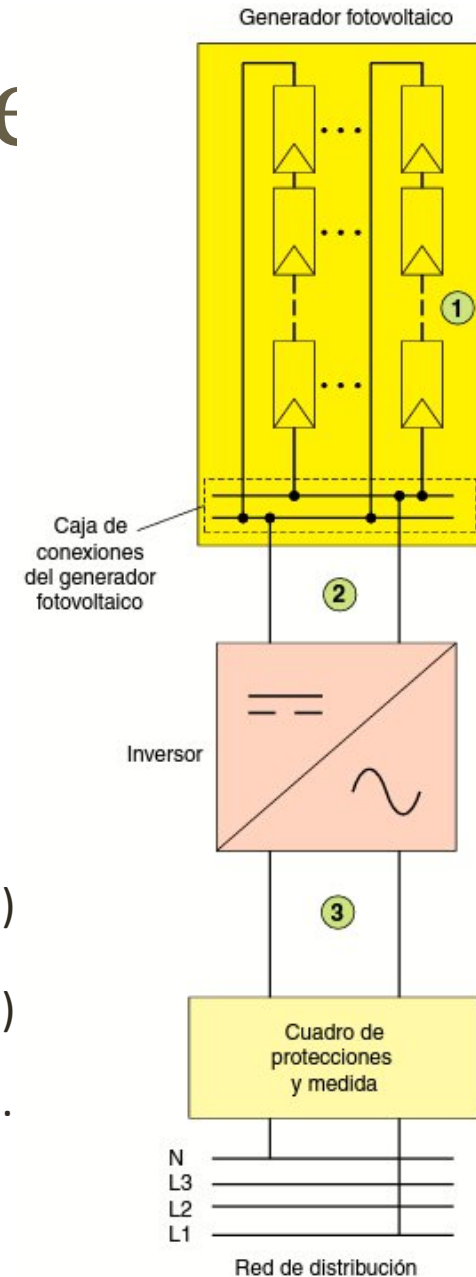
En 1 i 2 cable Exzhellent-solar ZZ-F(AS) de General Cable.

En 3 cable RZ1-K(AS).

En 1 cable a l'aire sobre superfície o en safata perforada (E) o canal amb tapa (B1)

En 2 cable a l'aire sobre superfície o en safata perforada (E) o cable en interior de tub (B1) per teulats . Si el generador està en una superfície serà cable enterrat (D).

En 3 cable en interior de tub (B1).



Projecte de sistema FV en xarxa

Càlcul per escalfament:

S'utilitza la dada d'intensitat de cada tram multiplicat per 1,25.

S'han d'aplicar factors de correcció a la intensitat si:

- La temperatura ambient és diferent de 40°C en els trams a l'aire o 25°C en els trams soterrats. En els trams 1 i 2 si estan a l'aire s'ha de considerar una temp. ambient de 50°C i aplicar un factor de correcció de 0,89.
- Hi ha més d'un circuit en la mateixa canalització. En el tram 1 s'ha de considerar l'agrupament de varis circuits i aplicar també un factor de correcció.
- La línia està exposada a la radiació solar, factor de correc. 0,9.

Amb la intensitat corregida es determina la secció agafant la taula d'intensitats.

Projecte de sistema FV en xarxa

Taula segons escalfament:

| UNE 20460-5-523:2004. INTENSIDADES ADMISIBLES EN AMPERIOS. TEMPERATURA AMBIENTE 40 °C EN EL AIRE | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Método de instalación | | Número de conductores cargados y tipo de aislamiento | | | | | | | | | | | |
| Ver tabla 4.7 | A1 | | PVC3 | PVC2 | | XLPE3 | XLPE2 | | | | | | |
| | A2 | PVC3 | PVC2 | | XLPE3 | XLPE2 | | | | | | | |
| | B1 | | | | PVC3 | PVC2 | | XLPE3 | | XLPE2 | | | |
| | B2 | | | PVC3 | PVC2 | | XLPE3 | XLPE2 | | | | | |
| | C | | | | | PVC3 | | PVC2 | XLPE3 | | XLPE2 | | |
| | E | | | | | | PVC3 | | PVC2 | XLPE3 | | XLPE2 | |
| | F | | | | | | | PVC3 | | PVC2 | XLPE3 | | XLPE2 |
| Columna 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Sección (mm²) | | | | | | | | | | | | | |
| Cobre | 1,5 | 11 | 11,5 | 13 | 13,5 | 15 | 16 | 16,5 | 19 | 20 | 21 | 24 | |
| | 2,5 | 15 | 16 | 17,5 | 18,5 | 21 | 22 | 23 | 26 | 26,5 | 29 | 33 | |
| | 4 | 20 | 21 | 23 | 24 | 27 | 30 | 31 | 34 | 36 | 38 | 45 | |
| | 6 | 25 | 27 | 30 | 32 | 36 | 37 | 40 | 44 | 46 | 49 | 57 | |
| | 10 | 34 | 37 | 40 | 44 | 50 | 52 | 54 | 60 | 65 | 68 | 76 | |
| | 16 | 45 | 49 | 54 | 59 | 66 | 70 | 73 | 81 | 87 | 91 | 105 | |
| | 25 | 59 | 64 | 70 | 77 | 84 | 88 | 95 | 103 | 110 | 116 | 123 | 140 |
| | 35 | — | 77 | 86 | 96 | 104 | 110 | 119 | 127 | 137 | 144 | 154 | 174 |
| | 50 | — | 94 | 103 | 117 | 125 | 133 | 145 | 155 | 167 | 175 | 188 | 210 |
| | 70 | — | — | — | 149 | 160 | 171 | 185 | 199 | 214 | 224 | 244 | 269 |
| | 95 | — | — | — | 180 | 194 | 207 | 224 | 241 | 259 | 271 | 296 | 327 |
| | 120 | — | — | — | 208 | 225 | 240 | 260 | 280 | 301 | 314 | 348 | 380 |
| | 150 | — | — | — | 236 | 260 | 278 | 299 | 322 | 343 | 363 | 404 | 438 |
| | 185 | — | — | — | 268 | 297 | 317 | 341 | 368 | 391 | 415 | 464 | 500 |
| | 240 | — | — | — | 315 | 350 | 374 | 401 | 435 | 468 | 490 | 552 | 590 |

Projecte de sistema FV en xarxa

Taula segons escalfament:

| UNE 20460-5-523:2004. INTENSIDADES ADMISIBLES EN AMPERIOS. TEMPERATURA AMBIENTE 25 °C EN EL TERRENO | | | | | | | | | |
|---|---------------|---|------|-------|-------|--|------|-------|-------|
| Método de instalación | Sección (mm²) | Número de conductores de cobre cargados y tipo de aislamiento | | | | Número de conductores de aluminio cargados y tipo de aislamiento | | | |
| | | PVC2 | PVC3 | XLPE2 | XLPE3 | PVC2 | PVC3 | XLPE2 | XLPE3 |
| D | 1,5 | 20,5 | 17 | 24,5 | 21 | | | | |
| | 2,5 | 27,5 | 22,5 | 32,5 | 27,5 | 20,5 | 17 | 24,5 | 21 |
| | 4 | 36 | 29 | 42 | 35 | 27,5 | 22,5 | 32,5 | 27,5 |
| | 6 | 44 | 37 | 53 | 44 | 34 | 28 | 40 | 34 |
| | 10 | 59 | 49 | 70 | 58 | 45 | 38 | 53 | 45 |
| | 16 | 76 | 63 | 91 | 75 | 58 | 49 | 70 | 58 |
| | 25 | 98 | 81 | 116 | 96 | 76 | 62 | 89 | 74 |
| | 35 | 118 | 97 | 140 | 117 | 91 | 76 | 107 | 90 |
| | 50 | 140 | 115 | 166 | 138 | 107 | 89 | 126 | 107 |
| | 70 | 173 | 143 | 204 | 170 | 133 | 111 | 156 | 132 |
| | 95 | 205 | 170 | 241 | 202 | 157 | 131 | 185 | 157 |
| | 120 | 233 | 192 | 275 | 230 | 179 | 149 | 211 | 178 |
| | 150 | 264 | 218 | 311 | 260 | 202 | 169 | 239 | 201 |
| | 185 | 296 | 245 | 348 | 291 | 228 | 190 | 267 | 226 |
| | 240 | 342 | 282 | 402 | 336 | 263 | 218 | 309 | 261 |
| | 300 | 387 | 319 | 455 | 380 | 297 | 247 | 349 | 295 |

Projecte de sistema FV en xarxa

Dimensionat dels conductors del sistema FV:

| Método de Instalación | Descripción |
|-----------------------|--|
| A1 | Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante |
| A2 | Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante |
| B1 | Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera |
| B2 | Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera |
| C | Cable mono o multiconductor fijado sobre una pared de madera |
| D | Cable multiconductor en conductos enterrados |
| E | Cable monoconductor al aire libre |
| F | Cable multiconductor al aire libre |
| G | Conductores desnudos o aislados sobre aisladores |

| FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTES DE 40 °C A APLICAR A LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES ADMISIBLES PARA CABLES AL AIRE | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Aislamiento | Temperatura ambiente (°C) | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
| PVC (Termoplástico) | 1,41 | 1,35 | 1,29 | 1,22 | 1,15 | 1,08 | 1,00 | 0,91 | 0,82 | 0,71 | 0,58 | – | – | – | – |
| XLPE, EPR (Termoestable) | 1,26 | 1,22 | 1,18 | 1,14 | 1,10 | 1,05 | 1,00 | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,77 | 0,71 | 0,63 | 0,55 | 0,45 |

Projecte de sistema FV en xarxa

Dimensionat dels conductors del sistema FV:

| FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO DE VARIOS CIRCUITOS O DE VARIOS CABLES MULTICONDUCTORES A APLICAR A LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES ADMISIBLES | | | | | | | | | | |
|---|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Punto | Disposición de los cables | Número de circuitos o de cables multiconductores | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 | 12 | 16 | 20 |
| 1 | Agrupados sobre una superficie al aire, empotrados o embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o conducto) | 1,00 | 0,80 | 0,70 | 0,70 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,40 |
| 2 | Capa única sobre pared, suelo o bandejas sin perforar | 1,00 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,70 | – | – | – |
| 3 | Capa única fijada bajo techo | 0,95 | 0,80 | 0,70 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | – | – | – |
| 4 | Capa única sobre bandeja perforada horizontal o vertical | 1,00 | 0,90 | 0,80 | 0,75 | 0,75 | 0,70 | – | – | – |
| 5 | Capa única sobre escaleras de cable, abrazaderas, etc. | 1,00 | 0,85 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | – | – | – |

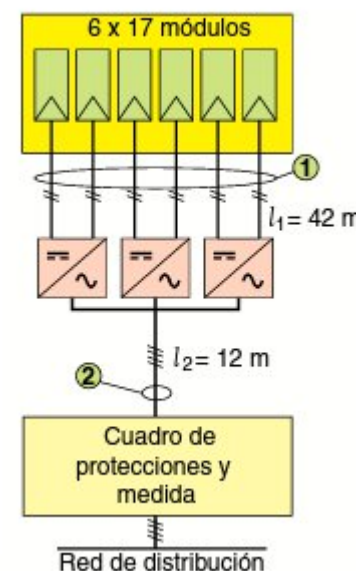
NOTAS:

- Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables, cargados por igual.
- Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes, es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario factor de corrección alguno.
- Los mismos factores se aplican a:
 - grupos de dos o tres cables unipolares;
 - cables multiconductores.
- Si un agrupamiento se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos, y se aplica el factor de corrección a las tablas de dos conductores cargados para los cables de dos conductores y a las tablas de tres conductores cargados para los cables de tres conductores.
- Si un agrupamiento se compone de n conductores unipolares cargados, también pueden considerarse como n/2 circuitos de dos conductores cargados o n/3 circuitos de tres conductores cargados.

Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple: Calcular les seccions dels conductors de la instal·lació connectada a la xarxa que té les següents característiques i condicions d'instal·lació:

- En teulat d'edifici industrial, 6 files de 17 mòduls, cablejats a l'aire en safata perforada. La fila més llarga fa 42 m.
- El tram 2 és de 12 m i està dins de canal tancada
- La T_a màx. per 1 és de 50°C i pot quedar exposada al sol.
- Tot el cablejat es farà amb cable unipolar termoestable i de coure.



Projecte de sistema FV en xarxa

Exemple:

Potències, intensitats, tensions i longituds:

- (1) $I_{sc}=5,1A$. $I_1=I_{sc} \times 1,25=6,38A$
 $U_{Gmpp}=17 \times U_{mpp}=17 \times 34,3=583,1V$
long: $L_1=42m$.
- (2) $P_{nIII}=15kW$. $V_L=400V$

$$I_{inv\ ca} = \frac{P_{n\ inv}}{\sqrt{3} \cdot U_{n\ ca}} = \frac{15.000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 21,65\ A$$

$$I_2=1,25 \times 21,65=27,06A$$

Caigudes de tensió

- (1) $S_1 = \frac{200 \cdot l_1 \cdot I_1}{\Delta U_{\%1} \cdot U \cdot \gamma_0} = \frac{200 \cdot 42 \cdot 6,38}{0,75 \cdot 583,1 \cdot 45} = 2,72\ mm^2$

- (2) $S_2 = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot l_2 \cdot I_2}{\Delta U_{\%2} \cdot U \cdot \gamma_0} = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 12 \cdot 27,06}{0,75 \cdot 400 \cdot 45} = 4,16\ mm^2$

Projecte de sistema FV en xarxa

Càlcul per escalfament:

- A) $I_1=6,38A$, $I_2=27,06A$

Factors de correcció:

(1) $T_a = 50^{\circ}C$ s'aplica factor correcció de 0,8.

6 circuits dins del mateix conducte, factor correcció de 0,55
 exposat al sol , factor de correcció de 0,9

$$I_1 = \frac{6,38}{0,55 \cdot 0,89 \cdot 0,9} = 14,48 A$$

Agafant la taula:

$I_1=14,48A \rightarrow S_1=1,5mm^2$

$I_2=27,06A \rightarrow S_2=4mm^2$

| Sección del tramo de línea | Por caída de tensión | Por calentamiento | Sección comercial elegida |
|----------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| S_1 | 2,72 mm ² | 1,5 mm ² | 2,72 → 4 mm ² |
| S_2 | 4,16 mm ² | 4 mm ² | 4,16 → 6 mm ² |

Projecte de sistema FV en xarxa

Aparells de maniobra i protecció d'un sistema FV:

Per protegir els sistemes FV s'hauran de fer contra sobreintensitats i sobretensions a més de tenir en compte l'aïllament dels elements i materials i la seva posada a terra.

Protecció contra sobreintensitats:

En el cablejat dels mòduls en paral·lel del generador FV el corrent està limitat a I_{sc} d'un mòdul, i el cable del generador FV a l'inversor està limitat a la I_{Gsc} , i com que ja estan dimensionats per suportar aquests corrents, no cal incorporar-hi proteccions.

Tot i això dins del generador FV si hi ha més de tres mòduls es poden produir corrents inverses, en aquelles branques o mòduls que per algun motiu disminueixi la U_{oc} respecte el generador. S'han de col·locar díodes de bloqueig, o proteccions com fusibles o interruptors magnetotèrmics.

Projecte de sistema FV en xarxa

Protecció contra sobreintensitats:

Díodes de bloqueig: Es dimensionen per suportar 2 cops el corrent I_{sc} i la tensió U_{Goc} en condicions CEM. L'inconvenient és que dissipen molta potència ($0,6 V_{cdt}$). Utilitzats quan l'accés als mòduls és difícil o el generador FV està molt exposat a ombrejats parcials.

Fusibles: Es dimensionen per actuar entre 1,5 i 2 vegades el corrent I_{sc} i 1,2 cops la tensió U_{Goc} en condicions CEM. Tipus gR (semiconductors). Dissipen molt poca potència ($0,2V_{cdt}$).

Interruptors magnetotèrmics: Per CC, es dimensionen per actuar a 1,5 cops el corrent I_{sc} i la seva tensió de servei ha de ser com a mínim 1,2 cops la U_{Goc} en condicions CEM. Corba de dispar Z (zona magnètica a 2-3 I_n)

Projecte de sistema FV en xarxa

Protecció contra sobreintensitats:

A més les branques en paral·lel del generador i el mateix generador FV han de tenir un dispositiu de maniobra per desconnectar-lo del resta de la instal·lació.

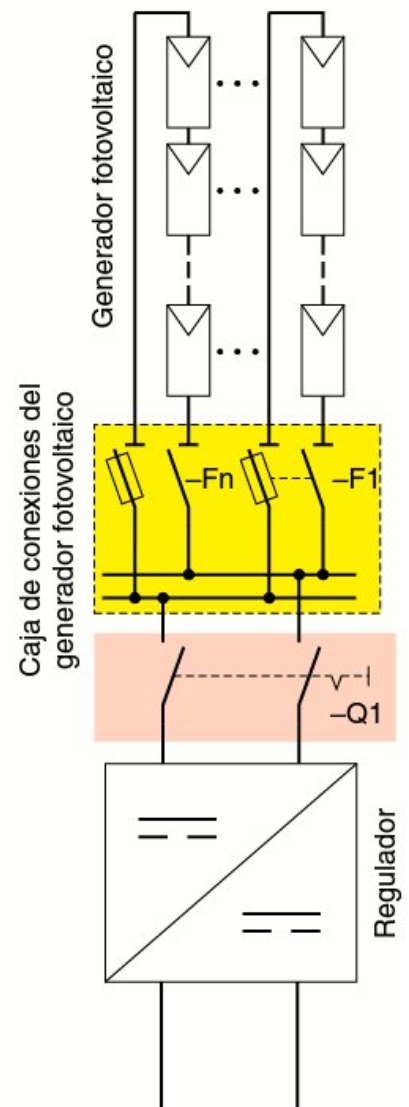
Interruptor general del generador FV: ha d'estar preparat per obrir i tancar el circuit en condicions generals de servei. Ha de suportar la IGsc i la tensió UGoc en condicions CEM.

Projecte de sistema FV en xarxa

Protecció contra sobreintensitats:

El sistema de desconnexió de les branques del generador es situat en el principi de cada branca en paral·lel, podent ser:

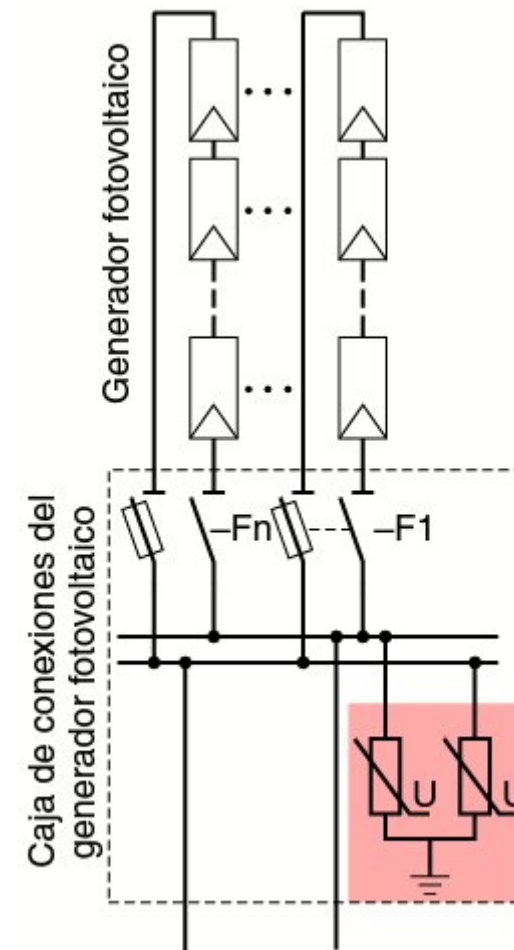
- Bases fusibles seccionables: doble funció de protecció i de desconnexió. Seran bipolars amb un sol fusible. És seccionador!.
- Interruptors magnetotèrmics bipolars: doble funció de protecció i desconnexió en càrrega. Més car però el fusible s'havia de canviar.



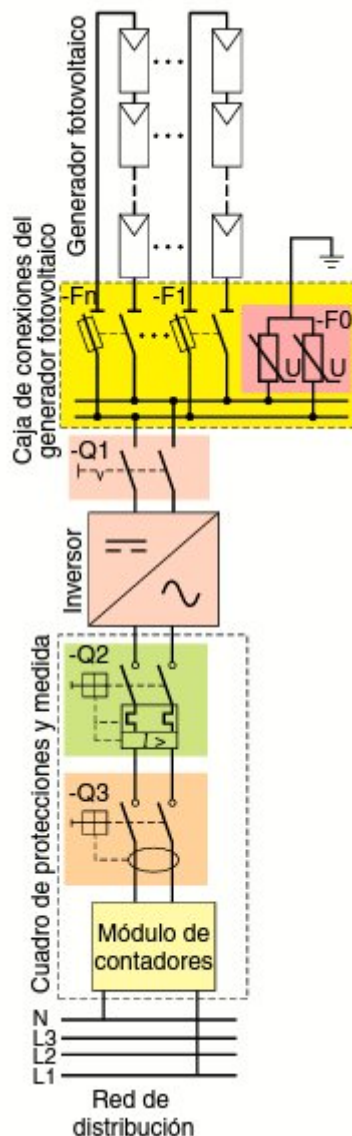
Projecte de sistema FV en xarxa

Protecció contra sobretensions:

Poden aparèixer sobretensions en el generador FV per descàrregues atmosfèriques. Es col·loquen proteccions entre el positiu-negatiu i la presa de terra, en la caixa de connexions del generador FV



Projecte de sistema FV en xarxa

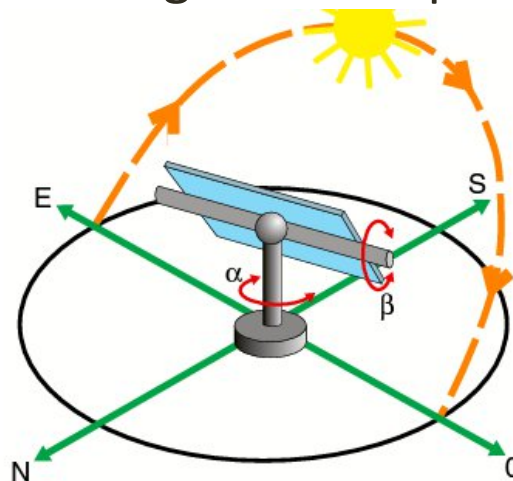


El quadre de proteccions i mesura ha de seguir les normes de la companyia elèctrica amb la que es contracti el servei. En general ha de tenir un interruptor magnetotèrmic (Q2) i un interruptor diferencial (Q3) de 30mA i un mòdul de comptadors per mesurar l'energia entrant i sortint.

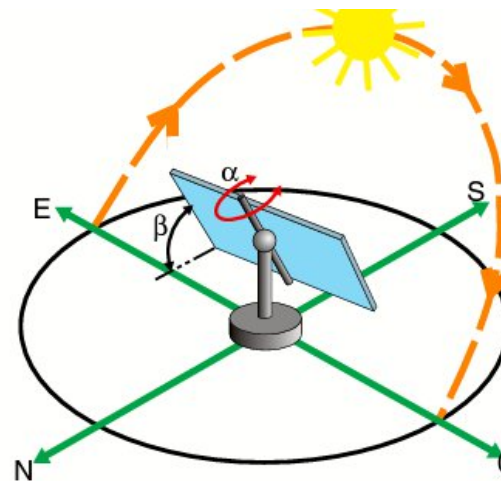
Projecte de sistema FV en xarxa

Sistemes de seguiment solar

Augmenten l'energia rebuda pel generador orientant-lo cap al sol.



↑ **Figura 5.30.** Sistema de seguimiento de dos ejes.



↑ **Figura 5.31.** Sistema de seguimiento de un eje polar.

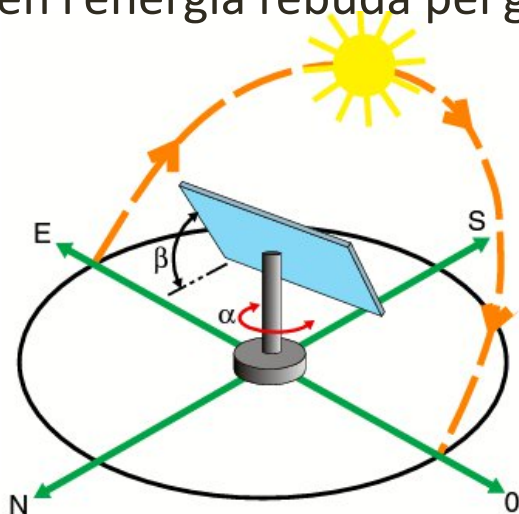
Dos eixos: s'orienta en azimuth i en inclinació, mantenint la superfície perpendicular al sol. Pot augmentar un 40% l'energia rebuda. Helioestat.

Un eix polar. La inclinació es deixa constant igual a la latitud, i es va variant la orientació per seguir el sol, a 15° per hora. Poden augmentar 30% energia rebuda

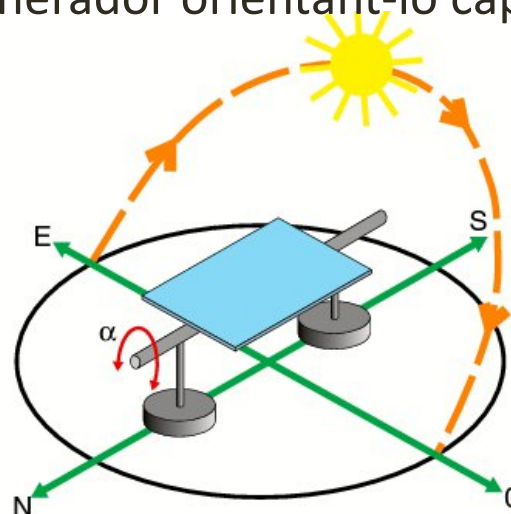
Projecte de sistema FV en xarxa

Sistemes de seguiment solar

Augmenten l'energia rebuda pel generador orientant-lo cap al sol.



↑ Figura 5.32. Sistema de seguimiento de un eje azimutal.



↑ Figura 5.33. Sistema de seguimiento de un eje horizontal.

Un eix azimutal. La superfície gira sobre un eix vertical seguint un angle α . La inclinació és constant igual a la latitud. La velocitat és variable, el gir es regula per coincidir amb el meridià local que conté el sol.

Un eix horitzontal. Gira sobre un eix horitzontal col·locat en direcció nord-sud, seguint un angle α . El gir es regula perquè la perpendicular a la superfície coincideixi amb el meridià terrestre que conté el sol. Increments del 20% de l'energia rebuda.