



**ESTUDI PER LA INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

AUTOR: CARLES ENRICH GIMÉNEZ - PROMOTOR: GERÈNCIA ADJUNTA DE MOBILITAT I INFRAESTRUCTURES , AJUNTAMENT DE BARCELONA - JULIOL 2018

## **ESTUDI PER LA INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

### **Promotor**

Gerència Adjunta de Mobilitat i Infraestructures - Àrea d'Ecologia Urbana  
Ajuntament de Barcelona

### **Redacció**

Carles Enrich Giménez

## **ÍNDEX**

### **MEMÒRIA**

- 1- Antecedents
- 2- Agents
- 3- Descripció de l'estat actual
  - Boca Nord
  - Boca Sud
- 4- Necessitats a Satisfer
- 5- Objectius del projecte
- 6- Propostes de projecte
  - Boca Nord – Pèrgola
  - Boca Nord – Alternativa a la font
  - Boca Sud

### **DOCUMENTACIÓ GRÀFICA**

- Situació
- Boca Nord. Pèrgola – Planta
- Boca Nord. Pèrgola – Secció 1:500
- Boca Nord. Pèrgola – Secció 1:200
- Boca Nord. Pèrgola – Vista 1
- Boca Nord. Pèrgola – Vista 2
- Boca Nord. Alternativa a la Font – Planta
- Boca Nord. Alternativa a la Font – Secció 1:500
- Boca Nord. Alternativa a la Font – Secció 1:200
- Boca Nord. Alternativa a la Font – Vista 1
- Boca Sud – Planta
- Boca Sud – Secció 1:500
- Boca Sud – Secció 1:200
- Boca Sud – Vista 1

### **ANNEXES**

- Projecte d'instal·lació fotovoltaica per autoconsum. Túnel Badal boca Sud de Barcelona
- Projecte d'instal·lació fotovoltaica per autoconsum. Túnel Badal boca Nord de Barcelona

## 1. Antecedents

El present document és un Estudi per a dos Projectes d'Instal·lació fotovoltaica per autoconsum, situats al dos extrems del túnel de Badal, en l'àmbit de la Ronda del Mig, a la ciutat de Barcelona.

La Boca Nord queda situada a la intersecció de la Gran Vía de Carles III amb el C/ de Mejía Lequerica, al barri de les Corts, mentre que la Boca Sud se situa a la arribada de la Ronda a Plaça Cerdà, al barri de la Bordeta.

Per a la realització d'aquest estudi s'ha partit de la informació aportada per els següents documents:

- *Projecte d'instal·lació fotovoltaica per autoconsum. Túnel Badal boca Sud de Barcelona*
- *Projecte d'instal·lació fotovoltaica per autoconsum. Túnel Badal boca Nord de Barcelona*

Aquests documents han estat facilitats per la Gerència Adjunta de Mobilitat i Infraestructures - Àrea d'Ecologia Urbana - Ajuntament de Barcelona.



Situació Boca Nord i Boca Sud del Túnel de Badal

## 2. Agents

La redacció d'aquest projecte ha estat encarregada per part de Gerència Adjunta de Mobilitat i Infraestructures - Àrea d'Ecologia Urbana a Carles Enrich Giménez, amb NIF:44185499-S, i número de col·legiat 49036-9.

Ha col·laborat en la redacció i l'elaboració del material gràfic l'arquitecte Joan Martí Elias

## 3. Descripció de l'estat actual

### Boca Nord

Es tracta del punt on la Ronda del Mig es situa per sota la cota de carrer, mentre que la superfície queda ocupada per la cruïlla entre la Gran Vía de Carles III i el Carrer de Mejía Lequerica. A partir d'aquest punt el tram central de la Gran Vía passa a ser d'ús exclusiu per a vianants, mentre que els carrils laterals permeten la circulació de vehicles. En el punt on es soterra la Infraestructura s'ubica la Font de Carles III, dissenyada per Jordi Henrich i Olga Tarrassó inaugurada l'any 2003, catalogada segons informes del Departament de Patrimoni.



Boca Nord. Fotografies de Google Street View i Joan Martí

### Boca Sud

En aquest punt la Ronda del Mig surt a la superfície abans d'arribar a la Plaça Cerdà. Aquest punt coincideix amb el soterrament de l'Av. del Carrilet, que creua perpendicularment el carrer a una cota inferior. El cobriment d'aquesta sortida es resol mitjançant una llosa de formigó elevada, que suposa el final de l'espai per a vianants de la Rambla de Badal.



Boca Sud. Fotografies de Joan Martí

#### 4. Necessitats a satisfer

L'objecte de l'Estudi Previ és el disseny de la instal·lació de les plaques fotovoltaïques per autoconsum en els dos punts indicats. A causa de la diferent naturalesa d'aquests punts el disseny de les instal·lacions no serà el mateix. D'altra banda, es busca la correcta integració de la instal·lació dins del context urbà on es troba cada una de les boques del túnel.

#### 5. Objectius del projecte

La proposta busca integrar el disseny d'aquestes instal·lacions amb la òptima orientació de les plaques per tal d'obtenir el major rendiment energètic possible.

Per aquest motiu s'han realitzat diverses propostes, modificant els elements urbans per tal d'avaluar el ventall d'opcions disponibles. El disseny ha estat diferent per a cada un dels emplaçaments estudiats.



Boca Nord. Estat Actual



Boca Sud. Estat Actual

#### 6. Propostes de projecte

##### Boca Nord - Pèrgola

A causa de la presència de vianants de la cruïlla entre G/ Via de Carles III i C/ Mejía Lequerica, així com la font preexistent, s'entén la instal·lació fotovoltaïca com una estructura vial que ha d'interactuar amb el seu context immediat.



Degut a la necessitat d'allunyar les plaques de l'abast dels vianants, es realitza una primera proposta en forma de pèrgola, situada sobre la font a una alçada de 4,60 metres. Aquesta pèrgola permet distribuir les plaques en un pla horitzontal, gaudint de la correcta orientació solar, a la vegada que un petit voladiu a l'extrem ofereix ombra a la vorera i permet ubicar-hi un espai d'estada per als vianants. L'estructura de la pèrgola es planteja mitjançant perfils tubulars d'acer inoxidable tant per als pilars com per les encavallades que suporten les pèrgoles. Aquesta proposta respecta la presència de la font preexistent i preveu ubicar una barana similar a la existent per tal d'evitar l'accés dels vianants a l'element urbà protegit, alhora que la pèrgola es constitueix com un nou element singular dins del paisatge urbà visible des diversos punts de la ciutat.



### Boca Nord - Alternativa a la font

Es realitza una proposta alternativa a la pèrgola, que consisteix en l'enderroc de la font actual i la substitució de la mateixa per les plaques fotovoltaïques, suportades per una estructura de perfils tubulars que recolzen directament als murs de contenció de la Ronda del Mig.



Aquesta solució evita la aparició de noves estructures vials a l'espai públic, a la vegada que simplifica el manteniment de la pèrgola i es converteix en un element d'umbracle que evita l'enlluernament dels cotxes que circulen per la via soterrada. Aquesta proposta planteja la construcció d'una barana similar a l'actual per protegir les plaques i manté la mateixa geometria de la font existent, lleugerament inclinada.



### Boca Sud

En aquest cas la llosa de formigó que cobreix la Boca Sud del Túnel de Badal és un element inaccessible, elevat tant respecte a la Rambla de Badal com des dels carrers laterals. Es planteja disposar les plaques fotovoltaïques sobre la mateixa llosa directament, aprofitant que aquesta no té cap inclinació.



La instal·lació resulta difícilment visible des del carrer, no obstant esdevé molt visible tant des dels edificis alts que envolten el final de Rambla de Badal i Pl. Cerdà com des del pont per a vianants que permet creuar la Plaça.



## **DOCUMENTACIÓ GRÀFICA**

- Situació
- Boca Nord. Pèrgola – Planta
- Boca Nord. Pèrgola – Secció 1:500
- Boca Nord. Pèrgola – Secció 1:200
- Boca Nord. Pèrgola – Vista 1
- Boca Nord. Pèrgola – Vista 2
- Boca Nord. Alternativa a la Font – Planta
- Boca Nord. Alternativa a la Font – Secció 1:500
- Boca Nord. Alternativa a la Font – Secció 1:200
- Boca Nord. Alternativa a la Font – Vista 1
- Boca Sud – Planta
- Boca Sud – Secció 1:500
- Boca Sud – Secció 1:200
- Boca Sud – Vista 1

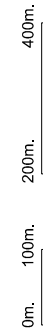


**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Situació

es. 1:10.000



Situació: Ronda del Mig

Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2, Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18



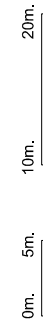


**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Nord - Versió 1. Planta

es. 1:500



Situació: Cruïlla G. Via de Carles III / C. Mejia Lequerica

Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2, Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18

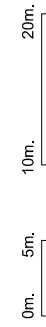


**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Nord - Versió 1. Secció transversal

e: 1:500



Situació: Cruïlla G. Via de Carles III / C. Mejia Lequerica

Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2. Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí



+52,10

+60,40

+54,80

+54,00

+49,80

+53,2

**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Nord - Versió 1. Secció detall

e: 1:200

0m. 2m. 4m. 8m.

Situació: Cruïlla G. Via de Carles III / C. Mejia Lequerica

Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2. Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18



**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Nord - Versió 1. Vista general

s.e

Situació: G. Via de Carles III / C. Mejia Lequerica

Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2. Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18



**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Nord - Versió 1. Vista nord

s.e

Situació: G. Via de Carles III / C. Mejia Lequerica

Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2. Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18



**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Nord - Versió 2. Planta

es. 1:500

0m. 5m. 10m. 20m.

Situació: Cruïlla G. Via de Carles III / C. Mejia Lequerica

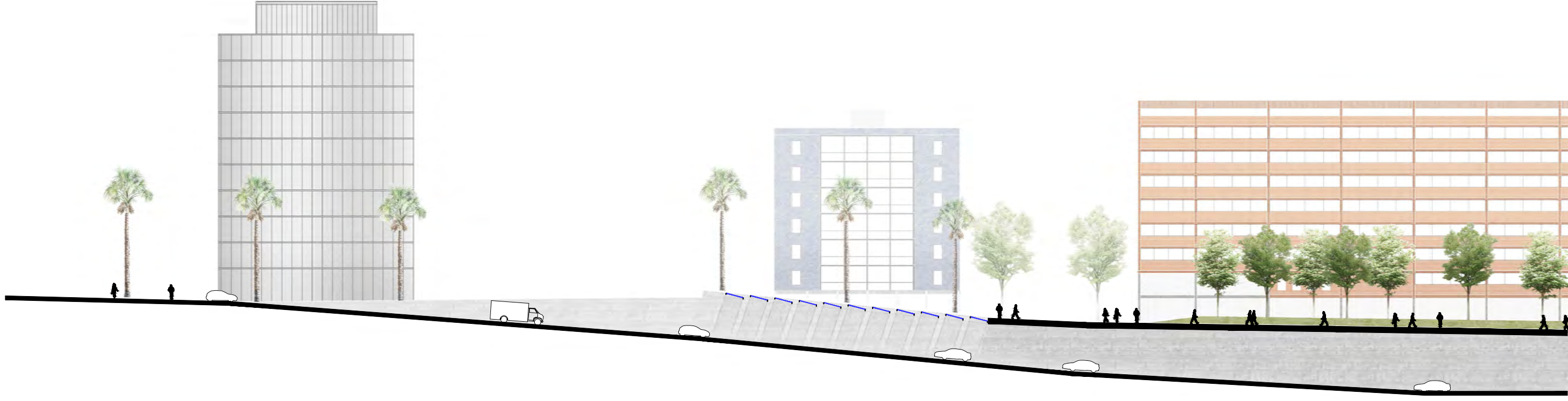
Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2, Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18



**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Nord - Versió 2. Secció transversal

e: 1:500

0m. 5m. 10m. 20m.

Situació: Cruïlla G. Via de Carles III / C. Mejia Lequerica

Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2. Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18



**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Nord - Versió 2. Secció detall

e: 1:200

0m. 2m. 4m. 8m.

Situació: Cruïlla G. Via de Carles III / C. Mejia Lequerica

Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2. Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18





**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Nord - Versió 2. Vista general

s.e

Situació: G. Via de Carles III / C. Mejia Lequerica

Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2. Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

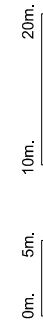
03.07.18



**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**  
Boca Sud. Planta

es. 1:500



Situació: Boca sud Ronda del Mig ( Pl. Cerdà)

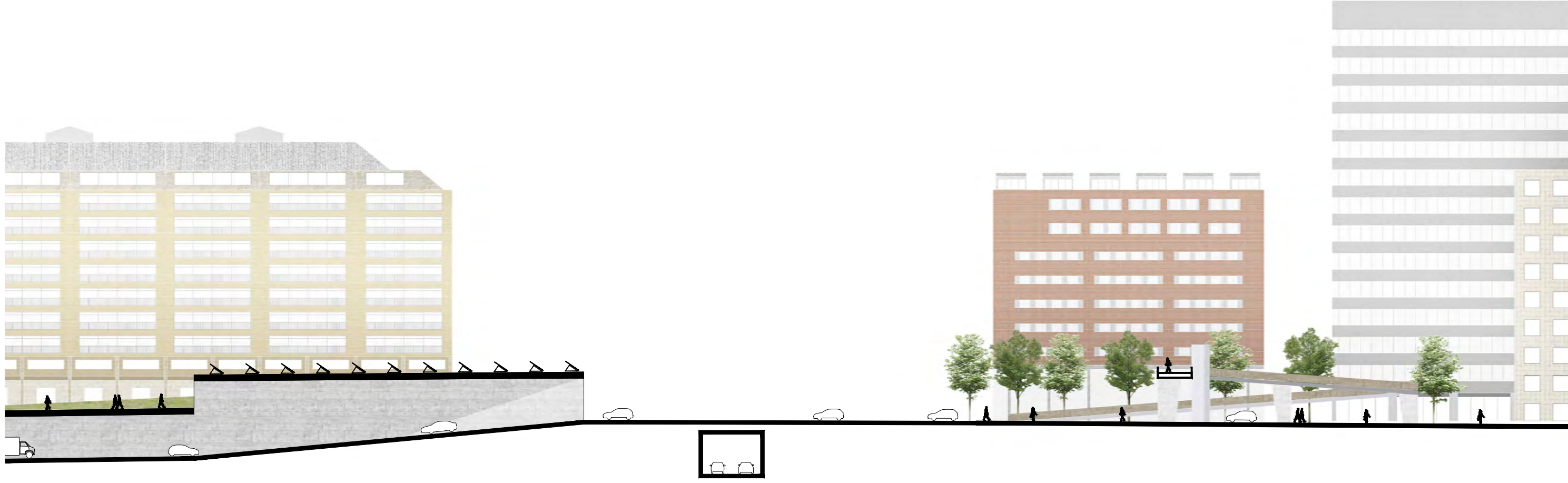
Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2. Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18



**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Sud. Secció transversal

e: 1:500

0m. 5m. 10m. 20m.

Situació: Boca sud Ronda del Mig (Pl. Cerdà)

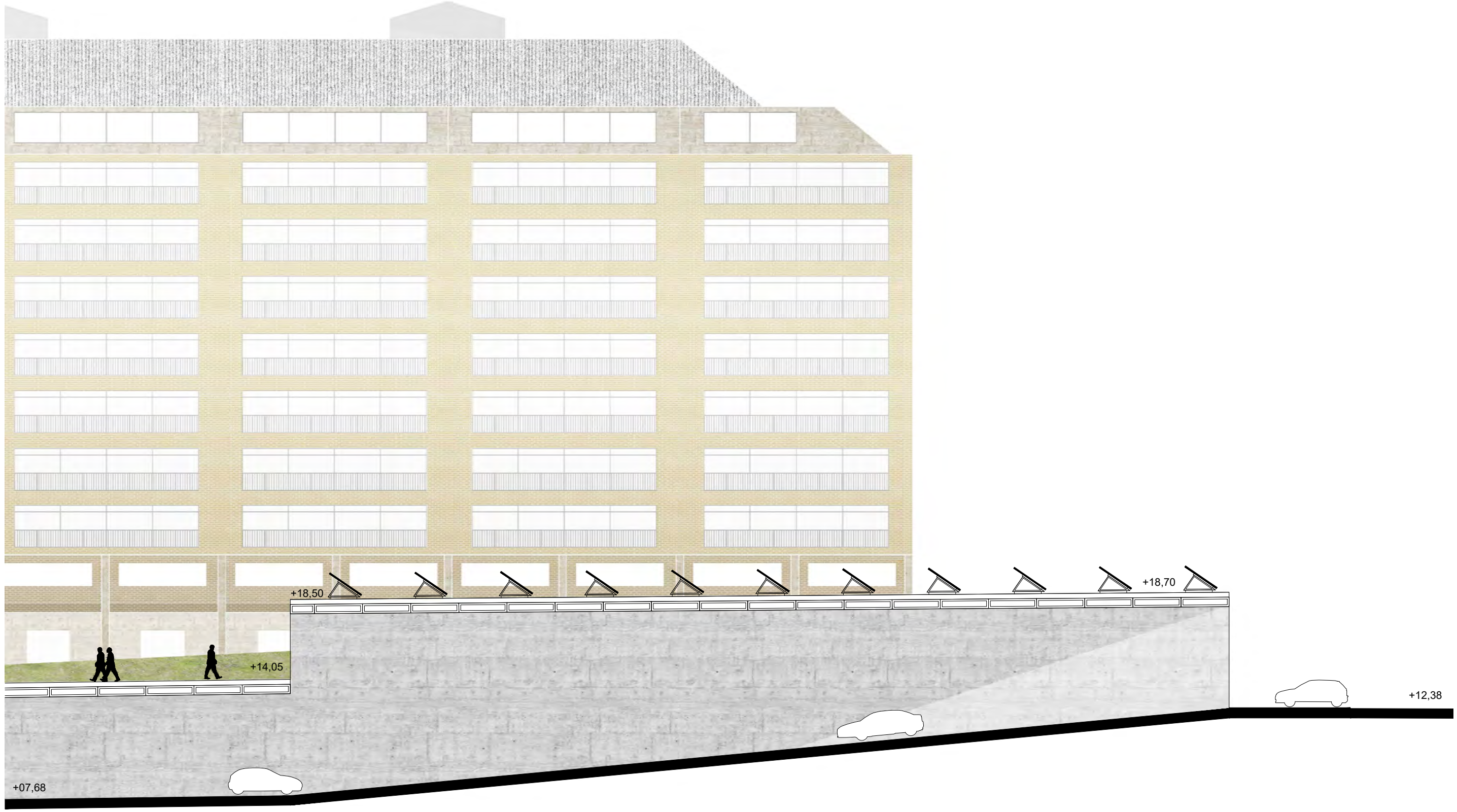
Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2. Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18



**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Sud. Secció detall

e: 1:200

0m. 2m. 4m. 8m.

Situació: Boca sud Ronda del Mig (Pl. Cerdà)

Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2. Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18



**INTEGRACIÓ DE CAPTADORS SOLARS AL TÚNEL DE BADAL**

**ESTUDI PREVI**

Boca Sud. Vista general

s.e

Situació: Boca sud Ronda del Mig (Pl. Cerdà)

Carles Enrich Studio,  
c/ Gomis 26, baixos 2. Barcelona 08023  
carles@carlesenrich.com / 649769786

Promotor: Ajuntament de Barcelona

Autor: Carles Enrich Giménez  
Col·laboradors: Joan Martí

**18.11**

03.07.18

## **ANNEXES**

- Projecte d'instal·lació fotovoltaica per autoconsum. Túnel Badal boca Sud de Barcelona
- Projecte d'instal·lació fotovoltaica per autoconsum. Túnel Badal boca Nord de Barcelona

**ÍNDEX**

1.	OBJECTE.....	2
2.	EMPLAÇAMENT .....	2
3.	SOLUCIÓ ESTRUCTURAL i GEOMETRICA .....	5
4.	PRODUCCIÓ.....	9
5.	COST .....	9
6.	CONCLUSIONS DE L'ESTUDI DE VIABILITAT.....	9
7.	PRODUCCIONS .....	10

## 1. OBJECTE

L'objecte d'aquest document és desenvolupar un estudi previ per analitzar les diferents opcions plantejades per implantar una instal·lació fotovoltaica en la boca Sud del Túnel de Badal de Barcelona.

## 2. EMPLAÇAMENT

Es presenta a continuació una vista aèria, així com diferents fotos preses in situ de l'emplaçament de la possible instal·lació.

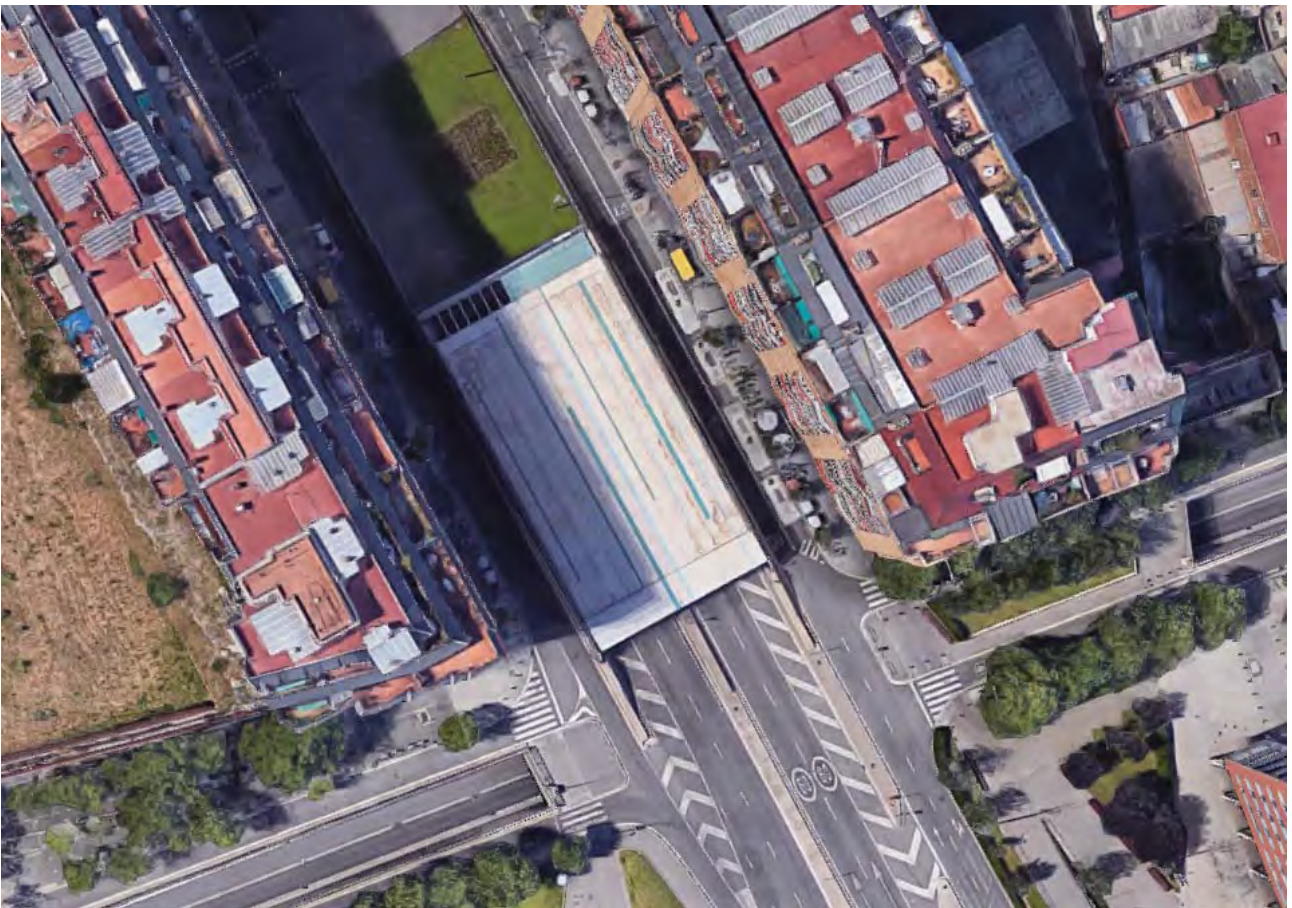


Fig. 1 Ubicació de l'entrada al túnel de Badal





*Fig. 2 Superfície disponible per a instal·lar els mòduls fotovoltaics*



*Fig. 3 Edificis propers*



*Fig. 4 Edificis propers*

Cal destacar que la superfície escollida es troba situada sobre una estructura tipus túnel que comunica el passeig amb el túnel i està afectada per ombres parcials dels edificis propers i diferent mobiliari urbà.

### 3. SOLUCIÓ ESTRUCTURAL I GEOMETRICA

S'han estudiat diferents opcions atenent al tipus de coberta i les ombres dels edificis propers.

- **Opció 1a: Instal·lació fotovoltaica sobreposada al forjat amb llast de formigó.**

**Inclinació 15°. Azimut -30°**

Aquesta opció es basa en la implantació dels mòduls mitjançant un sistema de llasts sobreposats a la coberta sobre els que es fixen els mòduls mitjançant triangles d'alumini. La solució presenta una disposició regular dels mòduls i integrada en la morfologia actual de l'espai disponible.

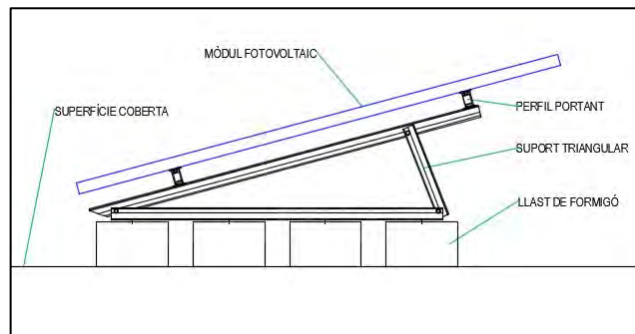


Fig. 6 Implantació Opció 1a

- **Opció 1b: Instal·lació fotovoltaica inclinada sobre triangle d'alumini fixada al forjat.**

**Inclinació 15°. Azimut -30°**

Aquesta opció es basa en la implantació dels mòduls mitjançant un sistema d'ancoratge mecànic a la coberta del triangle d'alumini sobre els que es fixen els mòduls. La solució presenta una disposició regular dels mòduls i integrada en la morfologia actual de l'espai disponible.

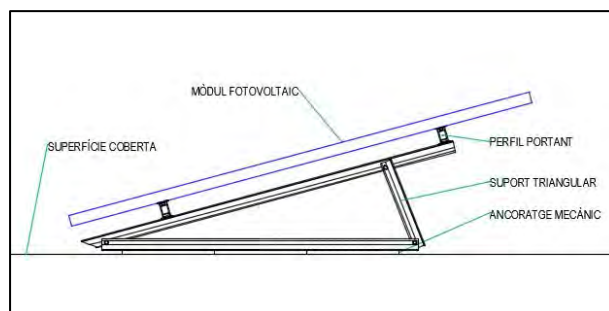


Fig. 7 Implantació Opció 1b

- **Opció 2a: Instal·lació fotovoltaica sobreposada al forjat amb llast de formigó.**

**Inclinació 35°. Azimut -30°.**

Aquesta opció es basa en la implantació dels mòduls mitjançant un sistema de llasts sobreposats a la coberta sobre els que es fixen els mòduls mitjançant triangles d'alumini. La solució presenta una disposició regular dels mòduls i integrada en la morfologia actual de l'espai disponible. Cal remarcar que la distància entre fileres és superior a la opció 1 degut a les ombres derivades de la major inclinació de l'estructura.

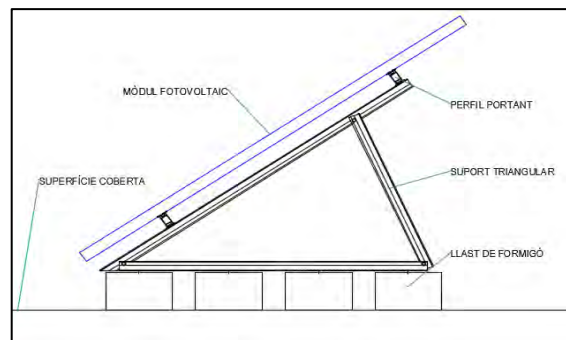


Fig. 8 Implantació Opció 2a

- **Opció 2b: Instal·lació fotovoltaica inclinada sobre triangle d'alumini fixada al forjat.**

**Inclinació 35°. Azimut -30°**

Aquesta opció es basa en la implantació dels mòduls mitjançant un sistema d'ancoratge mecànic a la coberta del triangle d'alumini sobre els que es fixen els mòduls. La solució presenta una disposició regular dels mòduls i integrada en la morfologia actual de l'espai disponible. Cal remarcar que la distància entre fileres és superior a la opció 1 degut a les ombres derivades de la major inclinació de l'estructura.

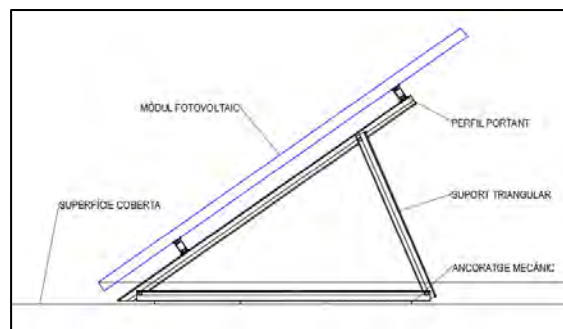


Fig. 9 Implantació Opció 2b

- **Opció 3a: Instal·lació fotovoltaica sobreposada al forjat amb llast de formigó.**

**Inclinació 35°. Azimut 0°.**

Aquesta opció es basa en la implantació dels mòduls mitjançant un sistema de llasts sobreposats a la coberta sobre els que es fixen els mòduls mitjançant triangles d'alumini. La solució presenta una disposició irregular dels mòduls i poc integrada en la morfologia actual de l'espai disponible, degut a la orientació completament a Sud de l'estructura. Cal remarcar que la distància entre fileres és superior a la opció 1 degut a les ombres derivades de la major inclinació de l'estructura.

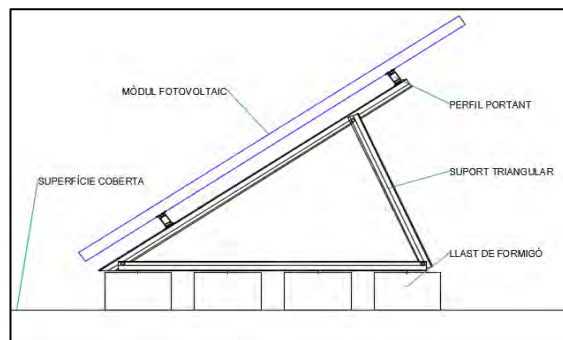


Fig. 10 Implantació Opció 3a

- **Opció 3b: Instal·lació fotovoltaica inclinada sobre triangle d'alumini fixada al forjat.**

**Inclinació 35°. Azimut 0°**

Aquesta opció es basa en la implantació dels mòduls mitjançant un sistema d'ancoratge mecànic a la coberta del triangle d'alumini sobre el que es fixen els mòduls. La solució presenta una disposició irregular dels mòduls i poc integrada en la morfologia actual de l'espai disponible, degut a la orientació completament a Sud de l'estructura. Cal remarcar que la distància entre fileres és superior a la opció 1 degut a les ombres derivades de la major inclinació de l'estructura.

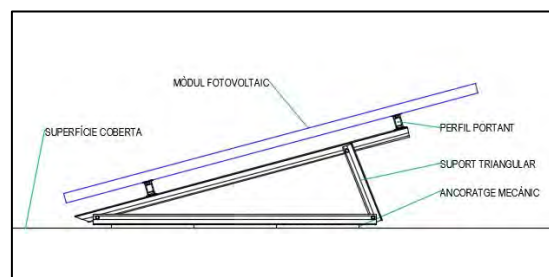


Fig. 11 Implantació Opció 3b

- **Opció 4a: Instal·lació fotovoltaica sobreposada al forjat amb llast de formigó.**

**Inclinació 15°. Azimut 0°**

Aquesta opció es basa en la implantació dels mòduls mitjançant un sistema de llasts sobreposats a la coberta sobre els que es fixen els mòduls mitjançant triangles d'alumini. La solució presenta una disposició irregular dels mòduls i poc integrada en la morfologia actual de l'espai disponible, degut a la orientació completament a Sud de l'estructura.

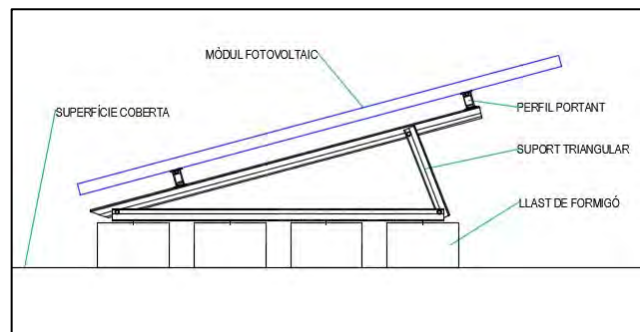


Fig. 12 Implantació Opció 4a

- **Opció 4b: Instal·lació fotovoltaica inclinada sobre triangle d'alumini fixada al forjat.**

**Inclinació 15°. Azimut 0°**

Aquesta opció es basa en la implantació dels mòduls mitjançant un sistema d'ancoratge mecànic a la coberta del triangle d'alumini sobre els que es fixen els mòduls. La solució presenta una disposició irregular dels mòduls i poc integrada en la morfologia actual de l'espai disponible, degut a la orientació completament a Sud de l'estructura.

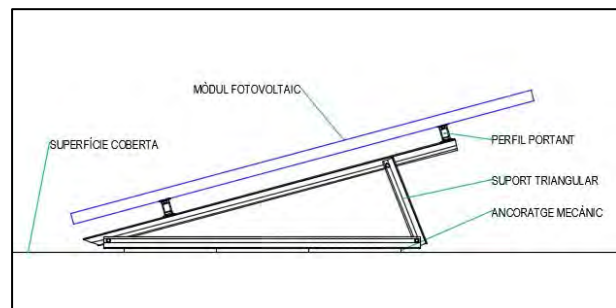


Fig. 13 Implantació Opció 4b

#### 4. PRODUCCIÓ

En la taula següent, s'indiquen els valors de producció d'energia elèctrica i potència pic de les 4 configuracions exposades anteriorment:

	Orientació	Inclinació	Nº mòduls	Potència (kWp)	Prod. esp. (kWh/Kwp/any)	Producció (kWh/any)	Pèrdues ombres
<b>Opció 1</b>	-30	15	352	96,80	1.187	114.900	20,9%
<b>Opció 2</b>	-30	35	240	64,80	1.285	83.250	20,3%
<b>Opció 3</b>	0	15	276	74,50	1.196	89.140	21,2%
<b>Opció 4</b>	0	35	212	55,90	1.281	71.590	23,3%

#### 5. COST

En la taula següent, s'indica la estimació dels costos de les 4 configuracions exposades anteriorment:

	Potència (kWp)	Pressupost aprox. (€/Wp)	Pressupost (€)
<b>Opció 1</b>	96,80	1,20	116.160 €
<b>Opció 2</b>	64,80	1,25	81.000 €
<b>Opció 3</b>	74,50	1,26	93.870 €
<b>Opció 4</b>	55,90	1,25	69.875 €

#### 6. CONCLUSIONS DE L'ESTUDI DE VIABILITAT

Les alternatives d'implantació proposades es poden dividir en dos grups. En les opcions 1 i 2 es manté la orientació del túnel mentre que en les opcions 3 i 4 s'ha optat per una orientació completament Sud.

S'observa una major producció de les instal·lacions orientades com el túnel degut a dos motius. El primer té a veure amb el número de plaques respectiu per a cada opció. El segon, i més important, és la pròpia orientació de la instal·lació. Els mòduls orientats a Sud es veuen altament afectats per les ombres derivades dels edificis propers, fet que baixa considerablement la producció de la instal·lació, com s'observa a la taula en la columna de les pèrdues.

Les ombres dels edificis condicionaran el disseny de les series del camp fotovoltaic, on s'optarà per fer un cablejat de Nord a Sud aconseguint així que l'avançament de la ombra no perjudiqui la totalitat del camp solar.

Un altre factor que pot esdevenir decisiu a l'hora d'optar per una o altra opció és la integració arquitectònica, en la que les opcions 3 i 4 no compleixen amb aquest requisit.

## **7. SIMULACIONS ENERGÈTIQUES**

A continuació es mostren les simulacions de les produccions d'energia elèctrica de la instal·lació fotovoltaica per a les diferents opcions:

- Opció 1. Orientació -30º Sud i inclinació 15º
- Opció 2. Orientació -30º Sud i inclinació 35º
- Opció 3. Orientació 0º Sud i inclinació 15º
- Opció 4. Orientació 0º Sud i inclinació 35º



PVSYST V6.67		01/03/18	Página 1/4
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>			
<b>Proyecto :</b>	<b>P-18-08-N Tunel Badal Sud</b>		
<b>Lugar geográfico</b>	<b>Barcelona</b>	<b>País</b>	<b>España</b>
<b>Ubicación</b>	Latitud 41.42° N	Longitud	2.13° E
Hora definido como	Hora Legal Huso hor. UT+1	Altitud	273 m
<b>Datos climatológicos:</b>	<b>Barcelona</b>	MeteoNorm 7.1 station - Síntesis	
<b>Variante de simulación :</b>	<b>P-18-08-N Tunel Badal Sud 15°</b>		
	Fecha de simulación	01/03/18 10h41	
<b>Parámetros de la simulación</b>			
<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	15°	Acimut -29°
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
<b>Perfil obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
<b>Características generador FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-poly	Modelo	<b>REC 275PE</b>
Original PVsyst database		Fabricante	REC
Número de módulos FV		En serie	22 módulos
N° total de módulos FV		N° módulos	352
Potencia global generador		Nominal (STC)	<b>96.8 kWp</b>
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	626 V
Superficie total		Superficie módulos	<b>581 m²</b>
			En paralelo 16 cadenas
			Pnom unitaria 275 Wp
			En cond. funciona. 87.2 kWp (50°C)
			I mpp 139 A
			Superf. célula 519 m²
<b>Inversor</b>			
Original PVsyst database		Modelo	<b>Sunny Tripower 20000TL-30</b>
Características		Fabricante	SMA
		Tensión Funciona.	320-800 V
Banco de inversores		N° de inversores	4 unidades
			Pnom unitaria 20.0 kWac
			Potencia total 80 kWac
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	74 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
LID - "Light Induced Degradation"			Fracción de Pérdidas 1.5 %
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas -0.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Strings Mismatch loss			Fracción de Pérdidas 0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05
<b>Necesidades de los usuarios :</b> Carga ilimitada (red)			

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

Proyecto : P-18-08-N Tunel Badal Sud

Variante de simulación : P-18-08-N Tunel Badal Sud 15°

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut -29°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom 275 Wp
Generador FV	N° de módulos	352	Pnom total <b>96.8 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	4.0	Pnom total <b>80.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

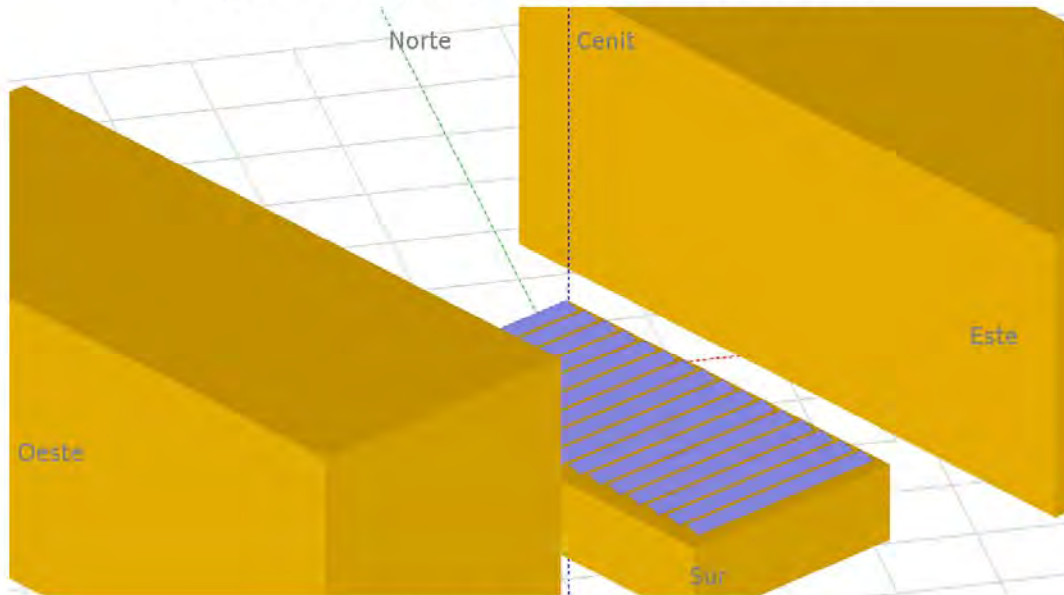
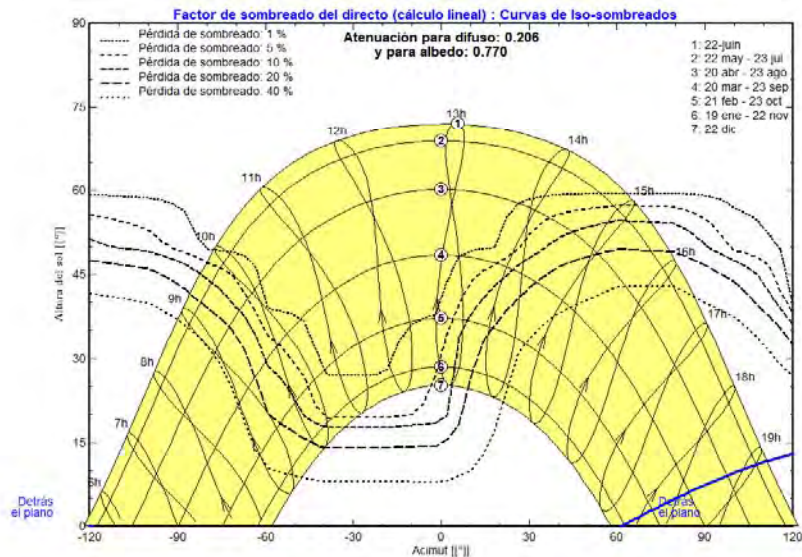


Diagrama de Iso-sombreados

P-18-08-N Tunel Badal Sud



### Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

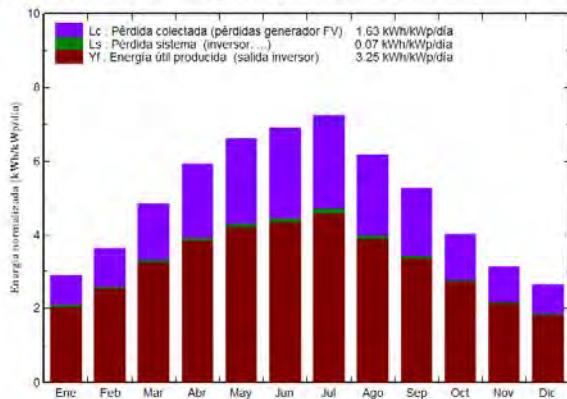
**Proyecto :** P-18-08-N Tunel Badal Sud

**Variante de simulación :** P-18-08-N Tunel Badal Sud 15°

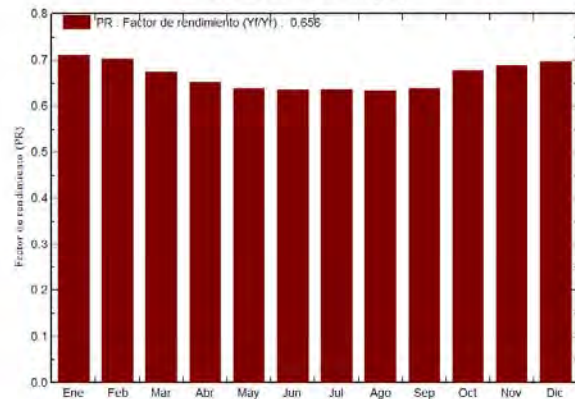
Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut	-29°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom	275 Wp
Generador FV	N° de módulos	352	Pnom total	<b>96.8 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30		20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	4.0	Pnom total	<b>80.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

**Resultados principales de la simulación**  
 Producción del Sistema **Energía producida 114.9 MWh/año** Producc. específico 1187 kWh/kWp/año  
 Factor de rendimiento (PR) 65.62 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 96.8 kWp



Factor de rendimiento (PR)



### P-18-08-N Tunel Badal Sud 15° Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	67.4	26.20	8.03	89.8	68.2	6.29	6.16	0.709
Febrero	82.4	33.50	9.15	102.0	77.6	7.08	6.93	0.702
Marzo	131.1	45.80	11.95	150.1	116.6	10.00	9.77	0.673
Abril	166.5	64.50	14.15	178.0	138.1	11.47	11.22	0.651
Mayo	198.9	77.00	17.92	205.4	158.7	13.00	12.71	0.639
Junio	205.5	71.90	22.11	207.2	164.2	13.02	12.73	0.634
Julio	222.4	74.00	24.47	225.3	176.8	14.19	13.88	0.636
Agosto	183.0	68.00	24.54	191.7	149.9	12.01	11.75	0.633
Septiembre	142.2	49.60	20.70	158.4	121.7	10.01	9.79	0.638
Octubre	105.2	43.60	17.52	125.0	95.7	8.37	8.19	0.677
Noviembre	71.6	28.00	11.90	94.1	70.9	6.40	6.26	0.688
Diciembre	59.5	22.20	8.51	82.0	61.2	5.64	5.52	0.696
Año	1635.7	602.29	15.95	1809.0	1399.6	117.49	114.91	0.656

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal  
 DiffHor Irradiación difusa horizontal  
 T Amb Temperatura Ambiente  
 GlobInc Global incidente plano receptor  
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados  
 EArray Energía efectiva en la salida del generador  
 E\_Grid Energía reinyectada en la red  
 PR Factor de rendimiento

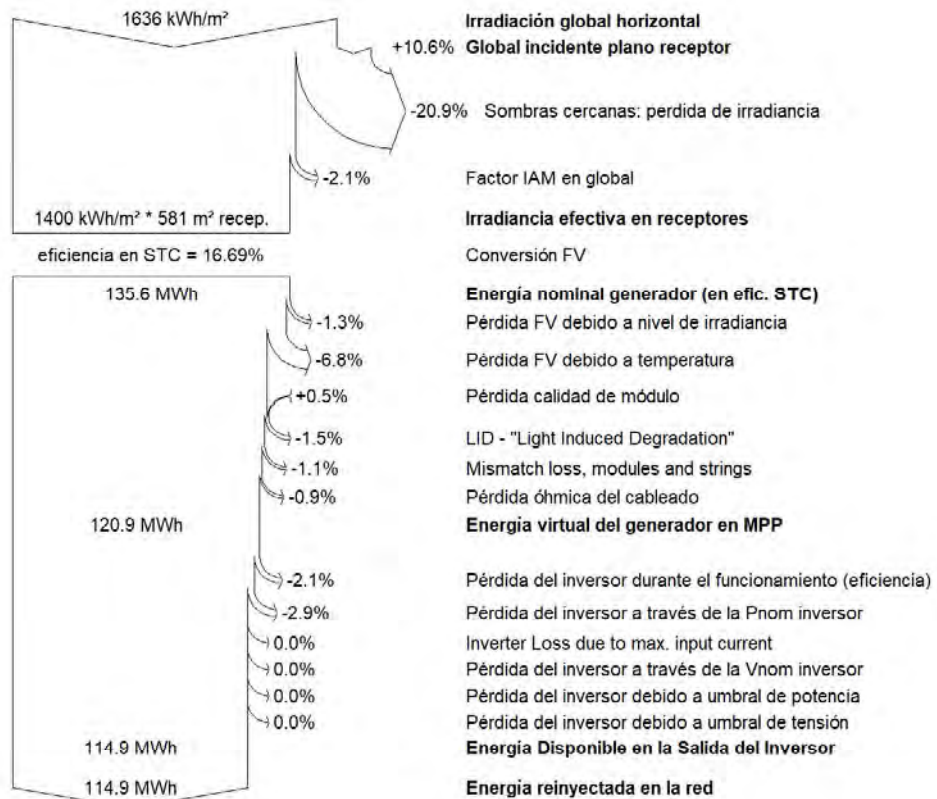
### Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

**Proyecto :** P-18-08-N Tunel Badal Sud

**Variante de simulación :** P-18-08-N Tunel Badal Sud 15°

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut -29°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom 275 Wp
Generador FV	N° de módulos	352	Pnom total <b>96.8 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	4.0	Pnom total <b>80.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

### Diagrama de pérdida durante todo el año



PVSYST V6.67		01/03/18	Página 1/4
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>			
<b>Proyecto :</b>	<b>P-18-08-N Tunel Badal Sud</b>		
<b>Lugar geográfico</b>	<b>Barcelona</b>	<b>País</b>	<b>Espana</b>
<b>Ubicación</b>	Latitud 41.42° N	Longitud	2.13° E
Hora definido como	Hora Legal Huso hor. UT+1	Altitud	273 m
<b>Datos climatológicos:</b>	<b>Barcelona</b>	MeteoNorm 7.1 station - Síntesis	
<b>Variante de simulación :</b>	<b>P-18-08-N Tunel Badal Sud 35°</b>		
	Fecha de simulación	28/02/18 16h51	(version 6.64)
<b>Parámetros de la simulación</b>			
<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	35°	Acimut -29°
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
<b>Perfil obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
<b>Características generador FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-poly	Modelo	<b>REC 270TP / TP-BLK</b>
Original PVsyst database		Fabricante	REC
Número de módulos FV		En serie	20 módulos
N° total de módulos FV		N° módulos	240
Potencia global generador		Nominal (STC)	<b>64.8 kWp</b>
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	560 V
Superficie total		Superficie módulos	<b>396 m²</b>
			En paralelo 12 cadenas
			Pnom unitaria 270 Wp
			En cond. funciona. 58.5 kWp (50°C)
			I mpp 104 A
			Superf. célula 350 m²
<b>Inversor</b>			
Original PVsyst database		Modelo	<b>Sunny Tripower 20000TL-30</b>
Características		Fabricante	SMA
		Tensión Funciona.	320-800 V
Banco de inversores		N° de inversores	3 unidades
			Pnom unitaria 20.0 kWac
			Potencia total 60 kWac
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>			
Factor de pérdidas térmicas		Uc (const)	20.0 W/m²K
		Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	89 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
LID - "Light Induced Degradation"			Fracción de Pérdidas 1.5 %
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas -0.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Strings Mismatch loss			Fracción de Pérdidas 0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05
<b>Necesidades de los usuarios :</b> Carga ilimitada (red)			

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

Proyecto : **P-18-08-N Tunel Badal Sud**

Variante de simulación : **P-18-08-N Tunel Badal Sud 35°**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	35°	acimut -29°
Módulos FV	Modelo	REC 270TP / TP-BLK	Pnom 270 Wp
Generador FV	N° de módulos	240	Pnom total <b>64.8 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	3.0	Pnom total <b>60.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

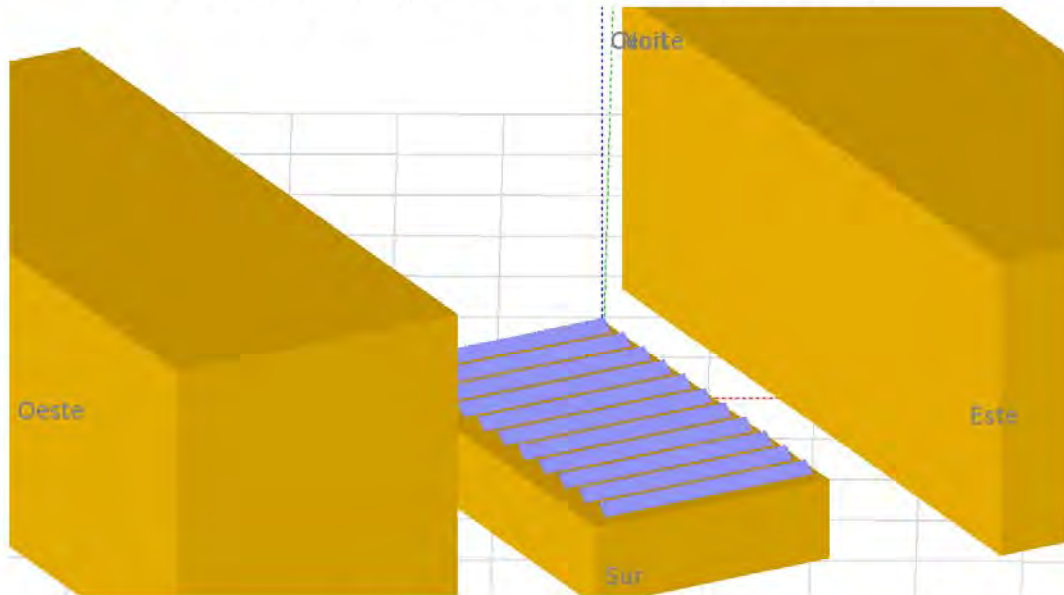
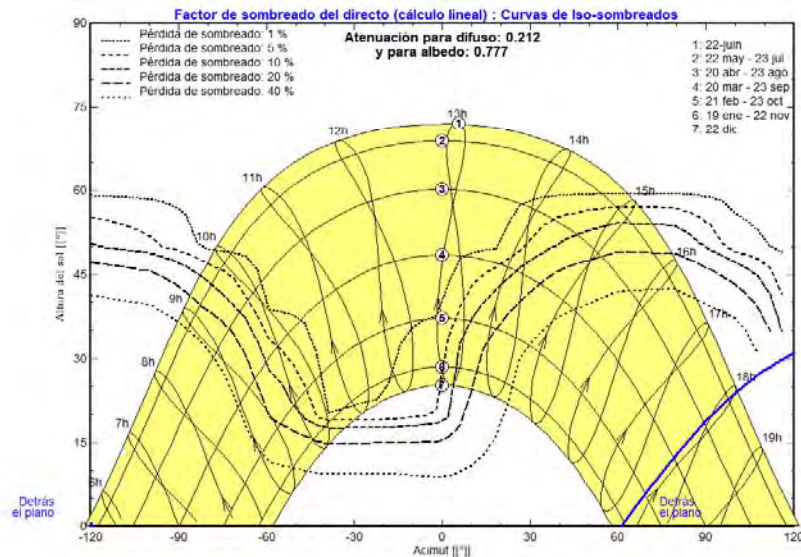


Diagrama de Iso-sombreados

P-18-08-N Tunel Badal Sud



### Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

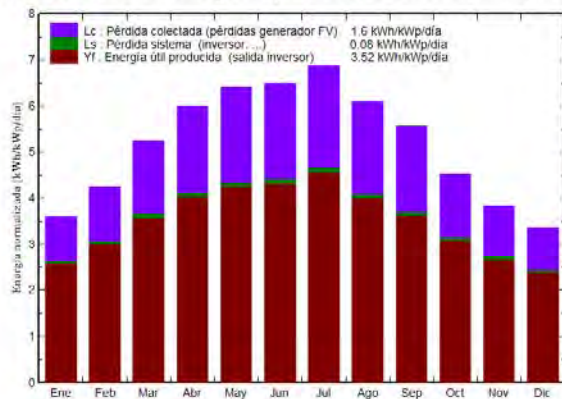
**Proyecto :** P-18-08-N Tunel Badal Sud

**Variante de simulación :** P-18-08-N Tunel Badal Sud 35°

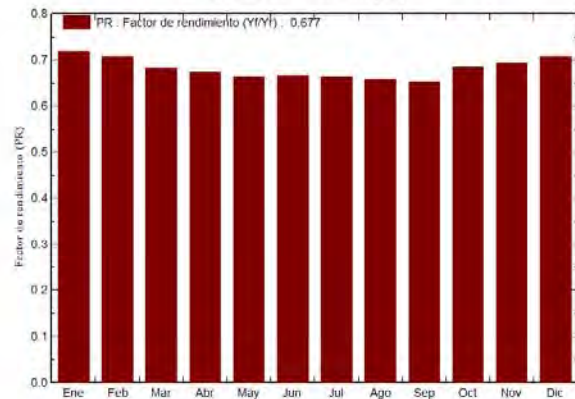
Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	35°	acimut	-29°
Módulos FV	Modelo	REC 270TP / TP-BLK	Pnom	270 Wp
Generador FV	N° de módulos	240	Pnom total	<b>64.8 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30		20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	3.0	Pnom total	<b>60.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Resultados principales de la simulación			
Producción del Sistema	<b>Energía producida</b>	<b>83.25 MWh/año</b>	Produc. específico 1285 kWh/kWp/año
	Factor de rendimiento (PR)	67.71 %	

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 64.8 kWp



Factor de rendimiento (PR)



### P-18-08-N Tunel Badal Sud 35° Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	
Enero	67.4	26.20	8.03	111.6	86.7	5.306	5.198	0.719
Febrero	82.4	33.50	9.15	119.2	92.6	5.586	5.469	0.708
Marzo	131.1	45.80	11.95	162.9	128.8	7.377	7.214	0.683
Abril	166.5	64.50	14.15	180.0	141.3	8.026	7.853	0.673
Mayo	198.9	77.00	17.92	199.0	154.1	8.757	8.564	0.664
Junio	205.5	71.90	22.11	194.9	154.6	8.614	8.422	0.667
Julio	222.4	74.00	24.47	213.4	168.4	9.388	9.178	0.664
Agosto	183.0	68.00	24.54	188.7	149.2	8.244	8.059	0.659
Septiembre	142.2	49.60	20.70	167.0	130.7	7.230	7.072	0.653
Octubre	105.2	43.60	17.52	140.8	110.0	6.374	6.238	0.684
Noviembre	71.8	28.00	11.90	115.5	88.8	5.302	5.191	0.693
Diciembre	59.5	22.20	8.51	104.5	79.8	4.891	4.792	0.708
Año	1635.7	602.29	15.95	1897.5	1485.2	85.095	83.249	0.677

Leyendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
	DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
	T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
	GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

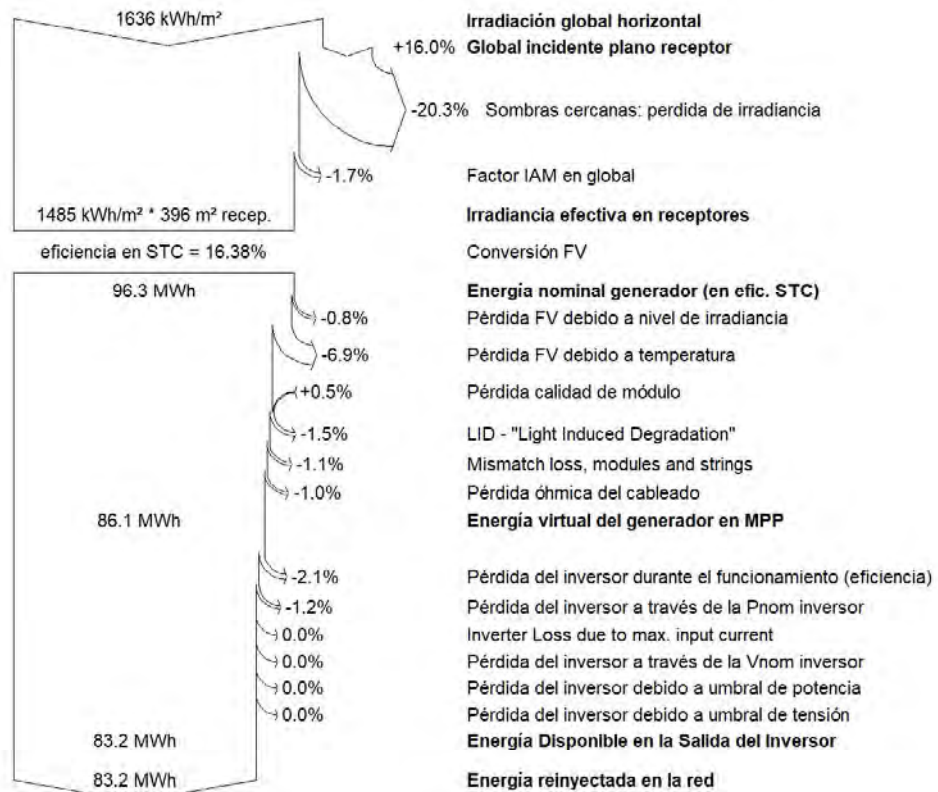
### Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

**Proyecto :** P-18-08-N Tunel Badal Sud

**Variante de simulación :** P-18-08-N Tunel Badal Sud 35°

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	35°	acimut -29°
Módulos FV	Modelo	REC 270TP / TP-BLK	Pnom 270 Wp
Generador FV	N° de módulos	240	Pnom total <b>64.8 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	3.0	Pnom total <b>60.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

#### Diagrama de pérdida durante todo el año





PVSYST V6.67		01/03/18	Página 1/4
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>			
<b>Proyecto :</b>	<b>P-18-08-N Tunel Badal Sud</b>		
<b>Lugar geográfico</b>	<b>Barcelona</b>	<b>País</b>	<b>España</b>
<b>Ubicación</b>	Latitud 41.42° N	Longitud	2.13° E
Hora definido como	Hora Legal Huso hor. UT+1	Altitud	273 m
<b>Datos climatológicos:</b>	<b>Barcelona</b>	MeteoNorm 7.1 station - Síntesis	
<b>Variante de simulación :</b>	<b>P-18-08-N Tunel Badal Sud a0° i 15°</b>		
	Fecha de simulación	01/03/18 12h07	
<b>Parámetros de la simulación</b>			
<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	15°	Acimut 0°
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
<b>Perfil obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
<b>Características generador FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-poly	Modelo	<b>REC 270TP / TP-BLK</b>
Original PVsyst database		Fabricante	REC
Número de módulos FV		En serie	23 módulos
N° total de módulos FV		N° módulos	276
Potencia global generador		Nominal (STC)	<b>74.5 kWp</b>
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	644 V
Superficie total		Superficie módulos	<b>455 m²</b>
			En paralelo 12 cadenas
			Pnom unitaria 270 Wp
			En cond. funciona. 67.3 kWp (50°C)
			I mpp 104 A
			Superf. célula 403 m²
<b>Inversor</b>			
Custom parameters definition		Modelo	<b>Sunny Tripower 25000TL-30_Pvsyst</b>
Características		Fabricante	SMA
Banco de inversores		Tensión Funciona.	390-800 V
		Pnom unitaria	25.0 kWac
		N° de inversores	3 unidades
		Potencia total	75 kWac
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	103 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
LID - "Light Induced Degradation"			Fracción de Pérdidas 1.5 %
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas -0.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Strings Mismatch loss			Fracción de Pérdidas 0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05
<b>Necesidades de los usuarios :</b> Carga ilimitada (red)			

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

**Proyecto :** P-18-08-N Tunel Badal Sud  
**Variante de simulación :** P-18-08-N Tunel Badal Sud a0° i 15°

Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>		Sombreado lineal		
Orientación Campos FV		inclinación	15°	acimut 0°
Módulos FV		Modelo	REC 270TP / TP-BLK	Pnom 270 Wp
Generador FV		N° de módulos	276	Pnom total <b>74.5 kWp</b>
Inversor		Sunny Tripower 25000TL-30_Pvsyst		Pnom 25.00 kW ac
Banco de inversores		N° de unidades	3.0	Pnom total <b>75.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios		Carga ilimitada (red)		

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

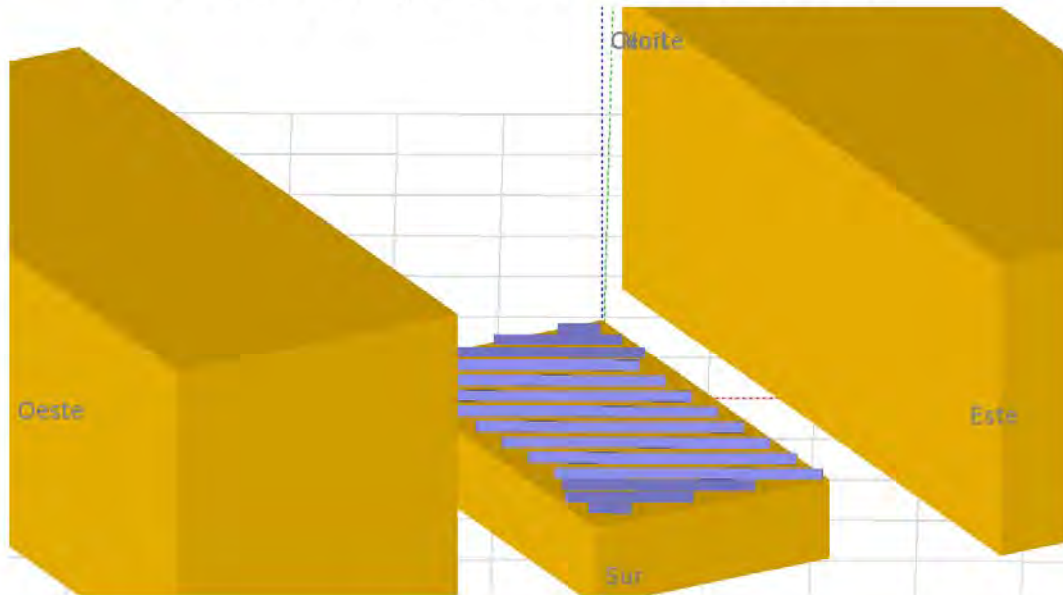
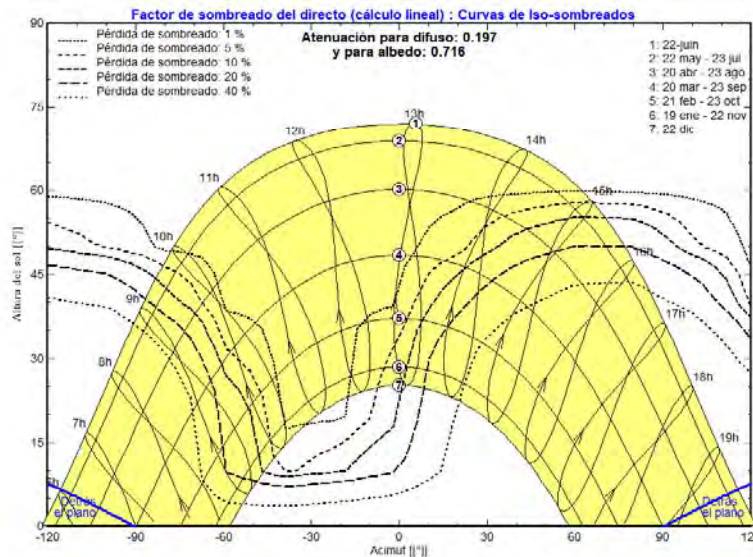


Diagrama de Iso-sombreados

P-18-08-N Tunel Badal Sud



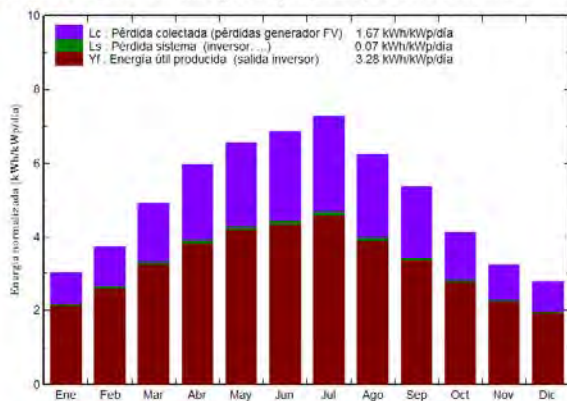
### Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

**Proyecto :** P-18-08-N Tunel Badal Sud  
**Variante de simulación :** P-18-08-N Tunel Badal Sud a0° i 15°

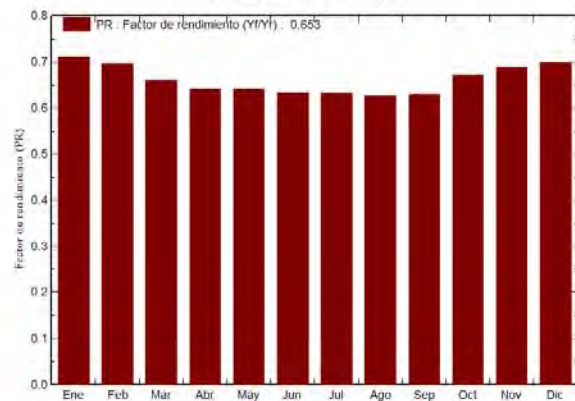
<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Conectado a la red</b>		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	REC 270TP / TP-BLK	Pnom	270 Wp
Generador FV	N° de módulos	276	Pnom total	<b>74.5 kWp</b>
Inversor	Sunny Tripower 25000TL-30_Pvsyst		Pnom	25.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	3.0	Pnom total	<b>75.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

**Resultados principales de la simulación**  
Producción del Sistema **Energía producida 89.14 MWh/año** Producc. específico 1196 kWh/kWp/año  
Factor de rendimiento (PR) 65.27 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 74.5 kWp



Factor de rendimiento (PR)



### P-18-08-N Tunel Badal Sud a0° i 15° Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	67.4	26.20	8.03	93.2	70.6	5.05	4.94	0.712
Febrero	82.4	33.50	9.15	104.6	78.7	5.55	5.44	0.697
Marzo	131.1	45.80	11.95	152.5	116.8	7.68	7.52	0.661
Abril	166.5	64.50	14.15	179.8	138.3	8.79	8.61	0.643
Mayo	198.9	77.00	17.92	203.7	158.6	9.95	9.74	0.642
Junio	205.5	71.90	22.11	206.5	164.5	9.96	9.75	0.634
Julio	222.4	74.00	24.47	225.8	177.6	10.86	10.64	0.632
Agosto	183.0	68.00	24.54	193.7	150.7	9.24	9.05	0.627
Septiembre	142.2	49.60	20.70	161.0	122.0	7.71	7.55	0.630
Octubre	105.2	43.60	17.52	128.5	97.0	6.56	6.42	0.671
Noviembre	71.6	28.00	11.90	97.1	72.8	5.09	4.99	0.689
Diciembre	59.5	22.20	8.51	86.3	64.3	4.59	4.49	0.699
Año	1635.7	602.29	15.95	1832.7	1412.1	91.03	89.14	0.653

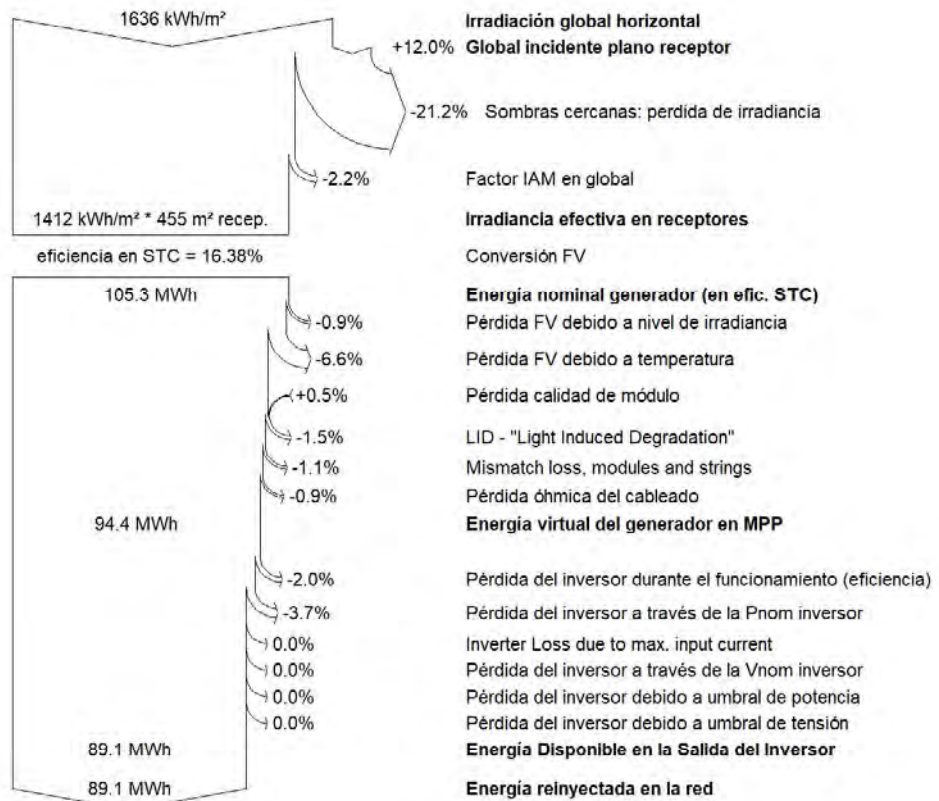
Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal  
DiffHor Irradiación difusa horizontal  
T Amb Temperatura Ambiente  
GlobInc Global incidente plano receptor  
GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados  
EArray Energía efectiva en la salida del generador  
E\_Grid Energía reinyectada en la red  
PR Factor de rendimiento

### Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

**Proyecto :** P-18-08-N Tunel Badal Sud  
**Variante de simulación :** P-18-08-N Tunel Badal Sud a0° i 15°

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	REC 270TP / TP-BLK	Pnom 270 Wp
Generador FV	N° de módulos	276	Pnom total <b>74.5 kWp</b>
Inversor	Sunny Tripower 25000TL-30_Pvsyst		Pnom 25.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	3.0	Pnom total <b>75.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

### Diagrama de pérdida durante todo el año



PVSYST V6.67		01/03/18	Página 1/4
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>			
<b>Proyecto :</b>	<b>P-18-08-N Tunel Badal Sud</b>		
<b>Lugar geográfico</b>	<b>Barcelona</b>	<b>País</b>	<b>España</b>
<b>Ubicación</b>	Latitud 41.42° N	Longitud	2.13° E
Hora definido como	Hora Legal Huso hor. UT+1	Altitud	273 m
<b>Datos climatológicos:</b>	<b>Barcelona</b>	MeteoNorm 7.1 station - Síntesis	
<b>Variante de simulación :</b>	<b>P-18-08-N Tunel Badal Sud a0° i 35°</b>		
	Fecha de simulación	01/03/18 12h15	
<b>Parámetros de la simulación</b>			
<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	35°	Acimut 0°
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
<b>Perfil obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
<b>Características generador FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-poly	Modelo	<b>REC 270TP / TP-BLK</b>
Original PVsyst database		Fabricante	REC
Número de módulos FV		En serie	23 módulos
N° total de módulos FV		N° módulos	207
Potencia global generador		Nominal (STC)	<b>55.9 kWp</b>
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	644 V
Superficie total		Superficie módulos	<b>342 m²</b>
		En paralelo	9 cadenas
		Pnom unitaria	270 Wp
		En cond. funciona.	50.5 kWp (50°C)
		I mpp	78 A
		Superf. célula	302 m²
<b>Inversor</b>		Modelo	<b>Sunny Tripower 20000TL-30</b>
Original PVsyst database		Fabricante	SMA
Características		Tensión Funciona.	320-800 V
Banco de inversores		N° de inversores	3 unidades
		Pnom unitaria	20.0 kWac
		Potencia total	60 kWac
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	137 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
LID - "Light Induced Degradation"			Fracción de Pérdidas 1.5 %
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas -0.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Strings Mismatch loss			Fracción de Pérdidas 0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05
<b>Necesidades de los usuarios :</b>	Carga ilimitada (red)		

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

**Proyecto :** P-18-08-N Tunel Badal Sud  
**Variante de simulación :** P-18-08-N Tunel Badal Sud a0° i 35°

Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>		Sombreado lineal		
Orientación Campos FV		inclinación	35°	acimut 0°
Módulos FV		Modelo	REC 270TP / TP-BLK	Pnom 270 Wp
Generador FV		N° de módulos	207	Pnom total <b>55.9 kWp</b>
Inversor		Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Banco de inversores		N° de unidades	3.0	Pnom total <b>60.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios		Carga ilimitada (red)		

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

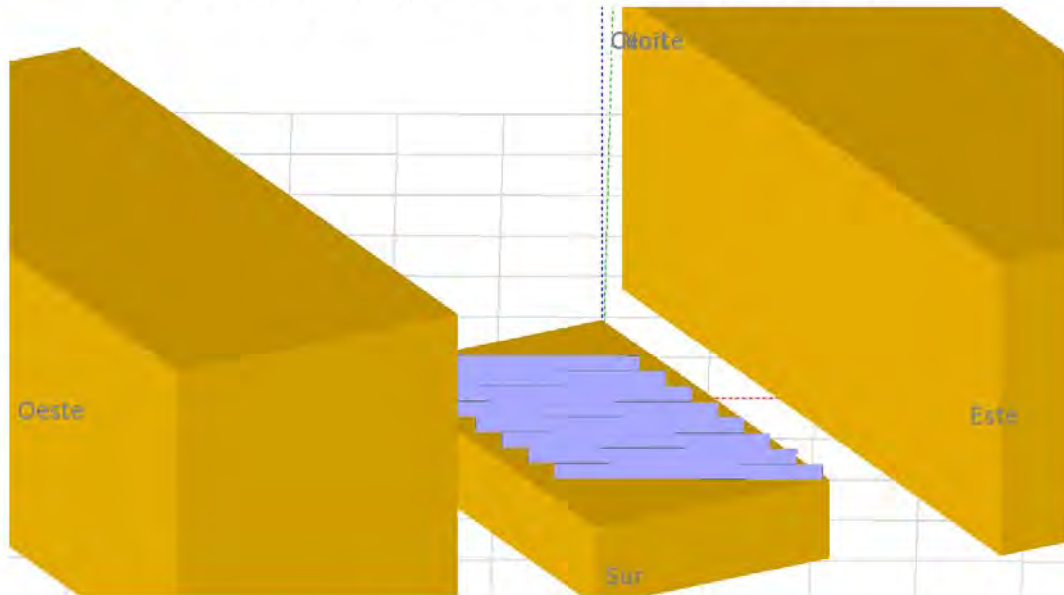
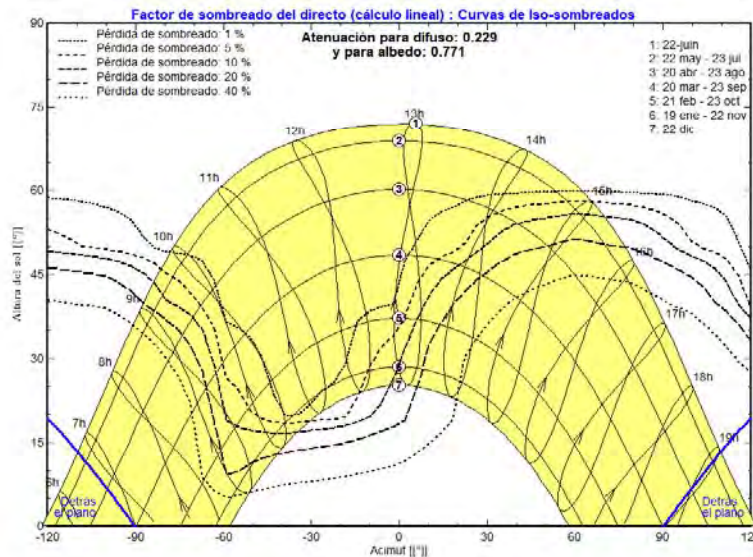


Diagrama de Iso-sombreados

P-18-08-N Tunel Badal Sud



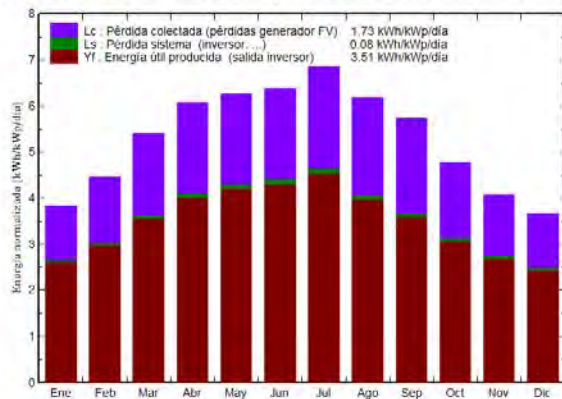
### Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

**Proyecto :** P-18-08-N Tunel Badal Sud  
**Variante de simulación :** P-18-08-N Tunel Badal Sud a0° i 35°

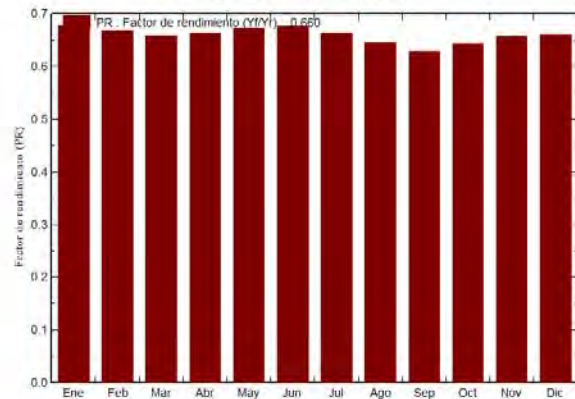
Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	35°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	REC 270TP / TP-BLK	Pnom	270 Wp
Generador FV	N° de módulos	207	Pnom total	<b>55.9 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30		20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	3.0	Pnom total	<b>60.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

**Resultados principales de la simulación**  
Producción del Sistema **Energía producida 71.59 MWh/año** Producc. específico 1281 kWh/kWp/año  
Factor de rendimiento (PR) 65.97 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 55.9 kWp



Factor de rendimiento (PR)



### P-18-08-N Tunel Badal Sud a0° i 35° Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	67.4	26.20	8.03	119.2	87.3	4.621	4.521	0.679
Febrero	82.4	33.50	9.15	125.1	91.2	4.778	4.673	0.668
Marzo	131.1	45.80	11.95	167.7	124.6	6.325	6.180	0.659
Abril	166.5	64.50	14.15	182.2	137.2	6.913	6.759	0.664
Mayo	198.9	77.00	17.92	194.0	150.1	7.476	7.310	0.674
Junio	205.5	71.90	22.11	191.7	152.2	7.406	7.244	0.676
Julio	222.4	74.00	24.47	212.8	167.1	8.066	7.893	0.664
Agosto	183.0	68.00	24.54	191.8	146.8	7.069	6.914	0.645
Septiembre	142.2	49.60	20.70	172.1	126.5	6.182	6.046	0.629
Octubre	105.2	43.60	17.52	148.4	108.4	5.457	5.339	0.644
Noviembre	71.6	28.00	11.90	122.3	88.8	4.594	4.495	0.657
Diciembre	59.5	22.20	8.51	114.1	81.3	4.304	4.211	0.660
Año	1635.7	602.29	15.95	1941.6	1461.5	73.193	71.586	0.660

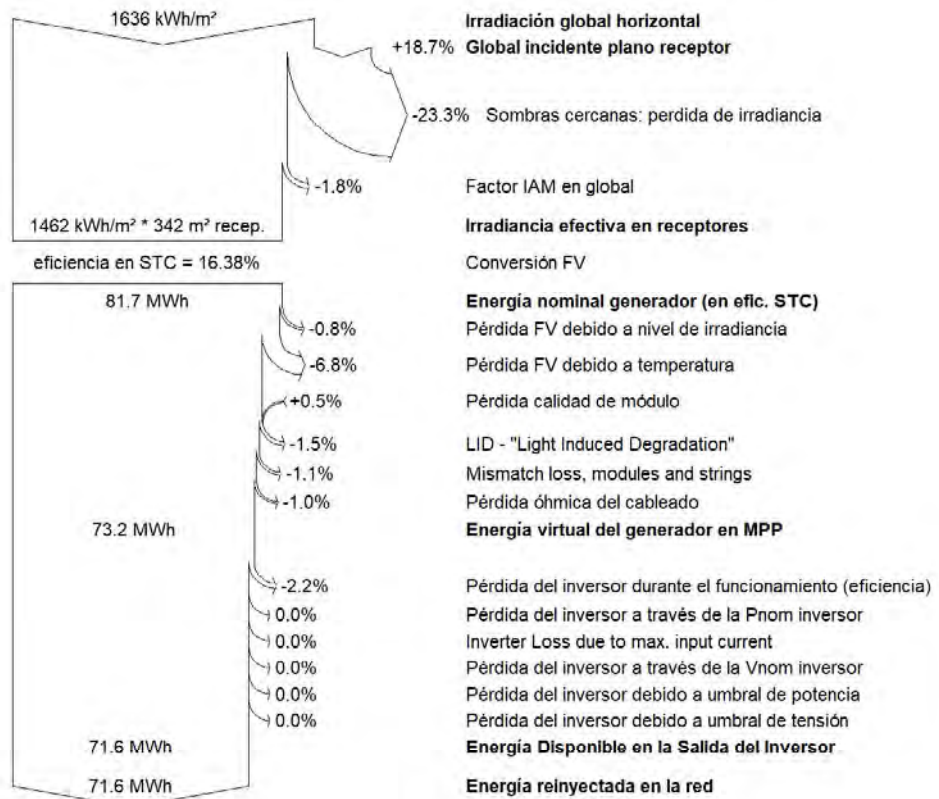
Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal  
DiffHor Irradiación difusa horizontal  
T Amb Temperatura Ambiente  
GlobInc Global incidente plano receptor  
GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados  
EArray Energía efectiva en la salida del generador  
E\_Grid Energía reinyectada en la red  
PR Factor de rendimiento

### Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

**Proyecto :** P-18-08-N Tunel Badal Sud  
**Variante de simulación :** P-18-08-N Tunel Badal Sud a0° i 35°

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	35°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	REC 270TP / TP-BLK	Pnom 270 Wp
Generador FV	N° de módulos	207	Pnom total <b>55.9 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	3.0	Pnom total <b>60.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

### Diagrama de pérdida durante todo el año





**ÍNDIX**

1.	OBJECTE.....	2
2.	EMPLAÇAMENT .....	2
3.	SOLUCIÓ ESTRUCTURAL i GEOMETRICA .....	5
4.	PRODUCCIÓ.....	6
5.	COST .....	6
6.	CONCLUSIONS DE L'ESTUDI DE VIABILITAT.....	7
7.	PRODUCCIONS .....	9

## 1. OBJECTE

L'objecte d'aquest document és desenvolupar un estudi previ per analitzar les diferents opcions plantejades per implantar una instal·lació fotovoltaica en la boca Nord del Túnel de Badal de Barcelona.

## 2. EMPLAÇAMENT

Es presenta a continuació una vista aèria, així com diferents fotos preses in situ de l'emplaçament de la possible instal·lació.



*Fig. 1 Ubicació de l'entrada al túnel de Badal*



*Fig. 2 Superfície disponible per a instal·lar els mòduls fotovoltaics*



*Fig. 3 Edificis propers*



*Fig. 4 i 5 Edificis propers*

Cal destacar que la superfície escollida es troba situada arran de terra, i està afectada per ombres parcials dels edificis propers i diferent mobiliari urbà.

### 3. SOLUCIÓ ESTRUCTURAL I GEOMETRICA

S'han estudiat diferents opcions atenent al tipus de coberta, i les ombres dels edificis propers.

- **Opció 1: Instal·lació fotovoltaica sobreposada al forjat. Inclinació 5º Azimut -34 º**

Aquesta opció passa per suprimir l'existent font, i mitjançant un sistema de carrils sobreposats a l'actual forjat, disposar una superfície fotovoltaica alineada i integrada en la morfologia actual de l'espai disponible.



Fig. 6 Implantació Opció 1

- **Opció 2: Instal·lació fotovoltaica inclinada sobre triangle d'alumini fixada al forjat. Inclinació 15º Azimut -34 º**

Aquesta opció passa per suprimir l'existent font, i mitjançant un sistema de triangles d'alumini inclinats 10º (suportacions tipus esquadra) sobre el propi forjat (+5º). La subjecció dels triangles es farà mitjançant taco químic o d'expansió. Si hi ha perill de trencar la impermeabilització del sistema, es farà mitjançant estructura llastrada a daus de formigó.



Fig. 7 Implantació Opció 2

- **Opció 3: Instal·lació fotovoltaica inclinada sobre triangle d'alumini fixada al forjat. Inclinació 35º**

Aquesta opció passa per suprimir l'existent font, i mitjançant un sistema de triangles d'alumini inclinats 30º (suportacions tipus esquadra) sobre el propi forjat (+5º). La subjecció dels triangles es farà mitjançant taco químic o d'expansió. Si hi ha perill de trencar la impermeabilització del sistema, es farà mitjançant estructura llastrada a daus de formigó.

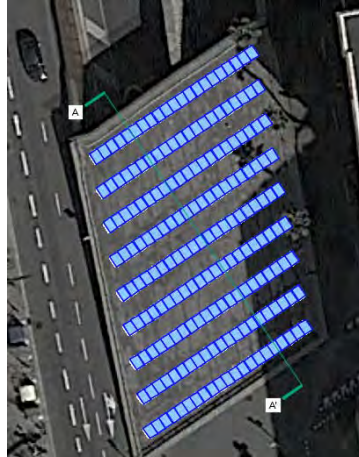


Fig. 8 Implantació Opció 3

#### 4. PRODUCCIÓ

En la taula següent, s'indiquen els valors de producció d'energia elèctrica i potència pic de les 3 configuracions exposades anteriorment, i d'una quarta configuració (denominada com a "opció 4", consistent en orientar els mòduls a Sud amb una inclinació de 5º):

	Orientació	Inclinació	Nº mòduls	Potència (kWp)	Prod especif. (kWh/Kwp/any)	Producció (kWh/any)	Pèrdues ombres
<b>Opció 1</b>	-34	5	320	88,00	1172	103.136	16,1%
<b>Opció 2</b>	-34	15	231	63,53	1212	76.992	17,9%
<b>Opció 3</b>	-34	35	189	51,98	1173	60.967	21,7%
<b>Opció 4</b>	0	5	320	88,00	1194	105.072	15,1%

#### 5. COST

En la taula següent, s'indica la estimació dels costos de les 3 configuracions exposades anteriorment:

	Potència (kWp)	Pressupost aprox (€/Wp)	Pressupost (€)
<b>Opció 1</b>	88,00	1,20	105.600 €
<b>Opció 2</b>	63,53	1,25	79.406 €
<b>Opció 3</b>	51,98	1,26	65.489 €

## 6. CONCLUSIONS DE L'ESTUDI DE VIABILITAT

Per tal de construir una instal·lació amb un alt grau d'integració amb la geometria existent, s'ha mantingut en totes 3 opcions la orientació de -34º Sud marcada per la orientació de la plataforma.

Aquesta orientació a Sud-Est, afavoreix la producció solar de matins en detriment de la producció de tarda ja que és el propi mòdul qui acaba generant ombres sobre si mateix.

Degut a l'edifici existent a l'Est, en totes i cadascuna de les opcions tenim pèrdues degudes a la projecció de les ombres sobre el camp fotovoltaic.

Les ombres dels edificis condicionaran el disseny de les series del camp fotovoltaic, on s'optarà per fer un cablejat de Nord a Sud aconseguint així que l'avançament de la ombra no perjudiqui la totalitat del camp solar.

Creiem que la opció 1 (inclinació a 5º) és la més adient ja que maximitza la producció per superfície ocupada, dona un grau més alt d'harmonia i integració amb l'entorn, i facilita el muntatge.

S'ha realitzat una simulació orientant els mòduls a sud amb una inclinació de 5º (denominada com a "opció 4" a les taules de producció i cost dels capítols 4 i 5 d'aquest document), trencant amb la geometria de la plataforma, i podem observar que la diferència respecte l'orientat a -34º és només d'un 2%, així que s'ha descartat aquesta opció.

**També volem fer constar que en totes i cadascuna de les opcions, els mòduls es troben molt a l'abast dels vianants, i poden patir actes vandàlics. És per això que s'haurien de prendre mesures de seguretat, o utilitzar només la part final de la superfície disponible.**

**Una altra opció que s'ha contemplat és la construcció d'una pèrgola metàl·lica que allunyi els mòduls de l'abast del vianants. Aquesta pèrgola podria ser compatible amb l'actual font existent.**

**A continuació es mostren exemples de pèrgoles amb mòduls standard, i mòduls bifacials, on la part inferior del mòdul també és activa i fa augmentar la producció. Aquest tipus de mòdul també te la peculiaritat de disposar d'un tedlar translúcid que dóna un efecte de mòdul vidre-vidre a un cost inferior, encara que si es volgués que la zona inferior de la pèrgola fos transitable, s'hauria de fer obligatòriament amb vidre-vidre.**

El cost aproximat de la construcció d'una pèrgola està situat en un rang de 300-370 €/mòdul.



Fig. 9 Pèrgola metàl·lica amb mòduls standard



Fig. 10 Pèrgola metàl·lica amb mòduls bifacials. Efecte vidre-vidre.



## 7. SIMULACIONS ENERGÈTIQUES

A continuació es mostren les simulacions de les produccions d'energia elèctrica de la instal·lació fotovoltaica per a les diferents opcions:

- Opció 1. Orientació -34° Sud i inclinació 5°
- Opció 2. Orientació -34° Sud i inclinació 15°
- Opció 3. Orientació -34° Sud i inclinació 35°
- Opció 4. Orientació 0° Sud i inclinació 5°

PVSYST V6.64		01/03/18	Página 1/4
Opció 1. Inclinació 5°			
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>			
<b>Proyecto :</b>	<b>P-18-08 Tunel Badal Nord</b>		
<b>Lugar geográfico</b>	<b>Barcelona</b>	País	<b>Espana</b>
<b>Ubicación</b>	Latitud	41.42° N	Longitud 2.13° E
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud 273 m
	Albedo	0.20	
<b>Datos climatológicos:</b>	<b>Barcelona</b>	Meteonorm 7.1 (1996-2010), Sat=5% - Síntesis	
<b>Variante de simulación :</b>	<b>Instal·lació 5°</b>		
	Fecha de simulación	28/02/18 21h51	
<b>Parámetros de la simulación</b>			
<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	5°	Acimut -34°
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
<b>Perfil obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
<b>Características generador FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-poly	Modelo	<b>REC 275PE</b>
Original PVsyst database		Fabricante	REC
Número de módulos FV		En serie	20 módulos
Nº total de módulos FV		Nº módulos	320
Potencia global generador		Nominal (STC)	<b>88.0 kWp</b>
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	569 V
Superficie total		Superficie módulos	<b>528 m²</b>
		En paralelo	16 cadenas
		Pnom unitaria	275 Wp
		En cond. funciona.	79.3 kWp (50°C)
		I mpp	139 A
		Superf. célula	472 m²
<b>Inversor</b>			
Original PVsyst database		Modelo	<b>Sunny Tripower 20000TL-30</b>
Características		Fabricante	SMA
		Tensión Funciona.	320-800 V
Banco de inversores		Nº de inversores	8 * MPPT 50 %
		Pnom unitaria	20.0 kWac
		Potencia total	80 kWac
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	68 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
LID - "Light Induced Degradation"			Fracción de Pérdidas 1.5 %
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas -0.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Strings Mismatch loss			Fracción de Pérdidas 0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05
<b>Necesidades de los usuarios :</b>	Carga ilimitada (red)		

Opció 1. Inclinació 5°

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

Proyecto : **P-18-08 Tunel Badal Nord**

Variante de simulación : **Instal·lació 5°**

Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>		Sombreado lineal		
Orientación Campos FV		inclinación	5°	acimut -34°
Módulos FV		Modelo	REC 275PE	Pnom 275 Wp
Generador FV		N° de módulos	320	Pnom total <b>88.0 kWp</b>
Inversor		Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Banco de inversores		N° de unidades	4.0	Pnom total <b>80.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios		Carga ilimitada (red)		

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

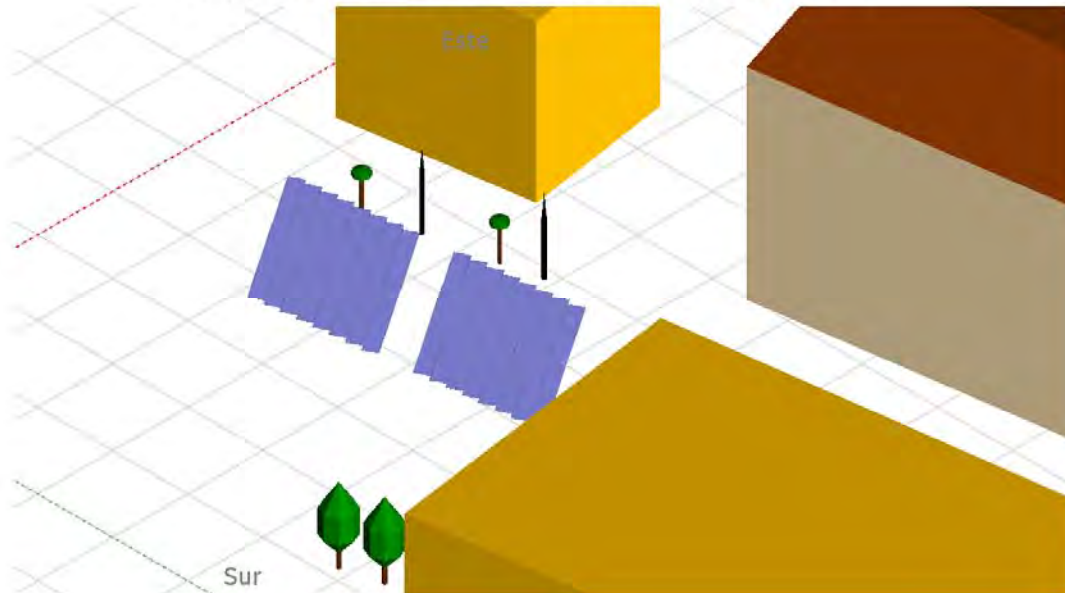
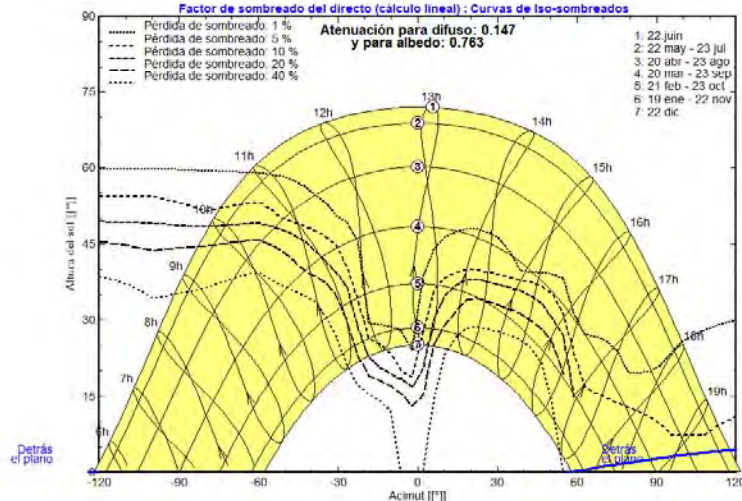


Diagrama de Iso-sombreados

P-18-08 Tunel Badal Nord

Factor de sombreado del directo (cálculo lineal) : Curvas de Iso-sombreados



Opció 1. Inclinació 5°

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

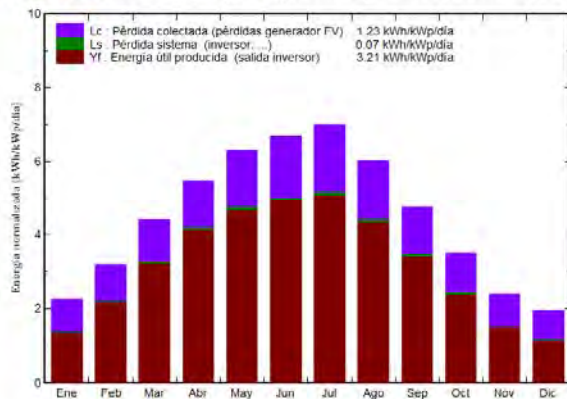
Proyecto : P-18-08 Tunel Badal Nord

Variante de simulación : Instal·lació 5°

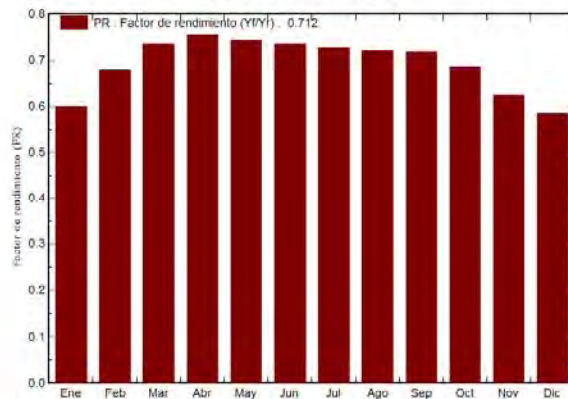
<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Conectado a la red</b>		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	5°	acimut	-34°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom	275 Wp
Generador FV	N° de módulos	320	Pnom total	<b>88.0 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30		20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	4.0	Pnom total	<b>80.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

<b>Resultados principales de la simulación</b>	
Producción del Sistema	<b>Energía producida 103.1 MWh/año</b>
Factor de rendimiento (PR)	71.17 %
	Produc. específico 1172 kWh/kWp/año

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 88.0 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Instal·lació 5°  
Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	
Enero	63.3	25.54	7.91	70.1	45.4	3.80	3.71	0.801
Febrero	82.9	34.29	9.05	89.3	65.3	5.44	5.33	0.679
Marzo	130.5	52.29	12.16	136.8	110.8	9.02	8.84	0.735
Abril	160.3	68.39	14.44	164.6	139.0	11.15	10.93	0.755
Mayo	192.3	77.70	18.12	195.7	166.9	13.06	12.80	0.743
Junio	200.1	79.62	22.21	201.6	173.4	13.31	13.05	0.736
Julio	214.6	77.67	24.57	216.9	186.9	14.18	13.90	0.728
Agosto	182.5	70.29	24.64	186.9	158.9	12.10	11.86	0.721
Septiembre	137.2	60.41	20.90	142.7	117.6	9.21	9.03	0.719
Octubre	102.4	43.44	17.51	108.8	83.8	6.70	6.57	0.686
Noviembre	65.9	29.39	11.89	72.1	49.2	4.06	3.96	0.625
Diciembre	54.7	23.93	8.41	61.2	38.7	3.23	3.15	0.585
<b>Año</b>	<b>1586.7</b>	<b>642.95</b>	<b>16.03</b>	<b>1646.7</b>	<b>1335.9</b>	<b>105.25</b>	<b>103.13</b>	<b>0.712</b>

Leyendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
	DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
	T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
	GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

Opció 1. Inclinació 5°

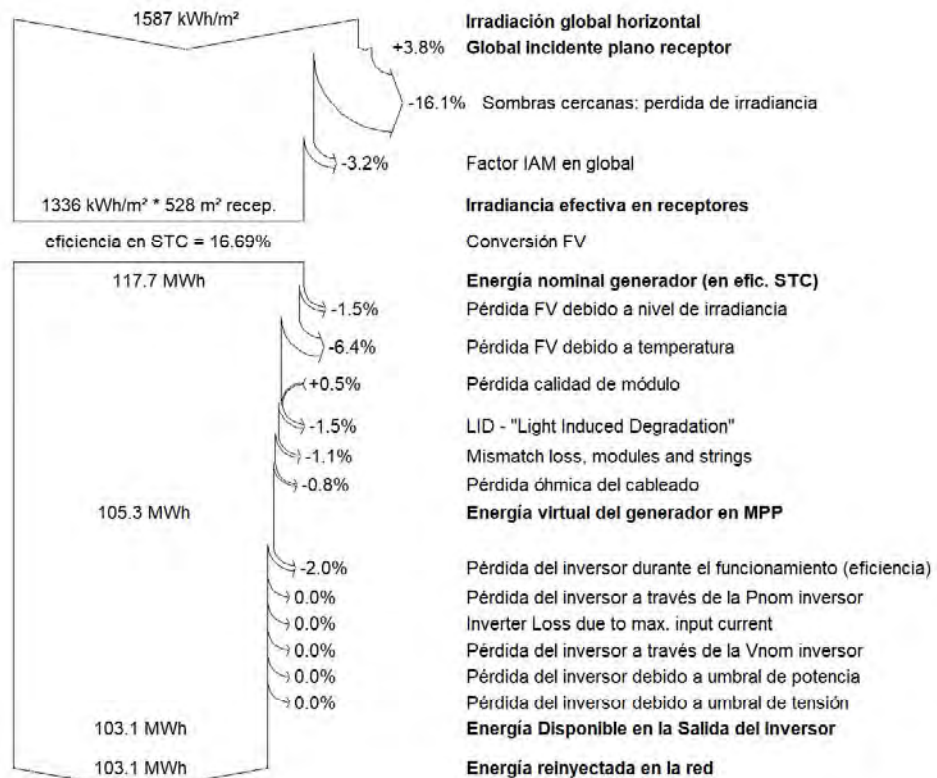
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : P-18-08 Tunel Badal Nord

Variante de simulación : Instal·lació 5°

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
Sombras cercanas	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	5°	acimut -34°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom 275 Wp
Generador FV	N° de módulos	320	Pnom total <b>88.0 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	4.0	Pnom total <b>80.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

Diagrama de pérdida durante todo el año



PVSYST V6.64		01/03/18	Página 1/5
Opció 2. Inclinació 15°			
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>			
<b>Proyecto :</b>	<b>P-18-08 Tunel Badal Nord</b>		
<b>Lugar geográfico</b>	<b>Barcelona</b>	País	<b>Espana</b>
<b>Ubicación</b>	Latitud	41.42° N	Longitud 2.13° E
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud 273 m
	Albedo	0.20	
<b>Datos climatológicos:</b>	<b>Barcelona</b>	Meteonorm 7.1 (1996-2010), Sat=5% - Síntesis	
<b>Variante de simulación :</b>	<b>Opció 2. Instal·lació 15°</b>		
	Fecha de simulación	28/02/18 22h09	
<b>Parámetros de la simulación</b>			
<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	15°	Acimut -34°
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
<b>Perfil obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
<b>Características generadores FV (2 Tipo de generador definido)</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-poly	Modelo	<b>REC 275PE</b>
Original PVsyst database		Fabricante	REC
<b>Sub-generador "Sub-generador #1"</b>			
Número de módulos FV	En serie	20 módulos	En paralelo 9 cadenas
Nº total de módulos FV	Nº módulos	180	Pnom unitaria 275 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	<b>49.5 kWp</b>	En cond. funciona. 44.6 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	569 V	I mpp 78 A
<b>Sub-generador "Sub-generador #2"</b>			
Número de módulos FV	En serie	17 módulos	En paralelo 3 cadenas
Nº total de módulos FV	Nº módulos	51	Pnom unitaria 275 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	<b>14.03 kWp</b>	En cond. funciona. 12.64 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	484 V	I mpp 26 A
<b>Total</b>	Potencia global generadores	Nominal (STC) <b>64 kWp</b>	Total 231 módulos
	Superficie módulos	<b>381 m²</b>	Superf. célula 341 m²
<b>Inversor</b>			
Original PVsyst database	Modelo	<b>Sunny Tripower 20000TL-30</b>	
Características	Fabricante	SMA	
	Tensión Funciona.	320-800 V	Pnom unitaria 20.0 kWac
<b>Sub-generador "Sub-generador #1"</b>	Nº de inversores	3 * MPPT 78 %	Potencia total 47 kWac
<b>Sub-generador "Sub-generador #2"</b>	Nº de inversores	3 * MPPT 22 %	Potencia total 13.2 kWac
<b>Total</b>	Nº de inversores	3	Potencia total 60 kWac
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Generador#1	120 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
	Generador#2	307 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
	Global		Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
LID - "Light Induced Degradation"			Fracción de Pérdidas 1.5 %
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas -0.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Strings Mismatch loss			Fracción de Pérdidas 0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05

PVSYST V6.64		01/03/18	Página 2/5
--------------	--	----------	------------

Opció 2. Inclinació 15°

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación (continuación)

**Necesidades de los usuarios :** Carga ilimitada (red)

Opció 2. Inclinació 15°

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

Proyecto : **P-18-08 Tunel Badal Nord**

Variante de simulación : **Opció 2. Instal·lació 15°**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut	-34°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom	275 Wp
Generador FV	N° de módulos	231	Pnom total	<b>63.5 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30		20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	3.0	Pnom total	<b>60.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

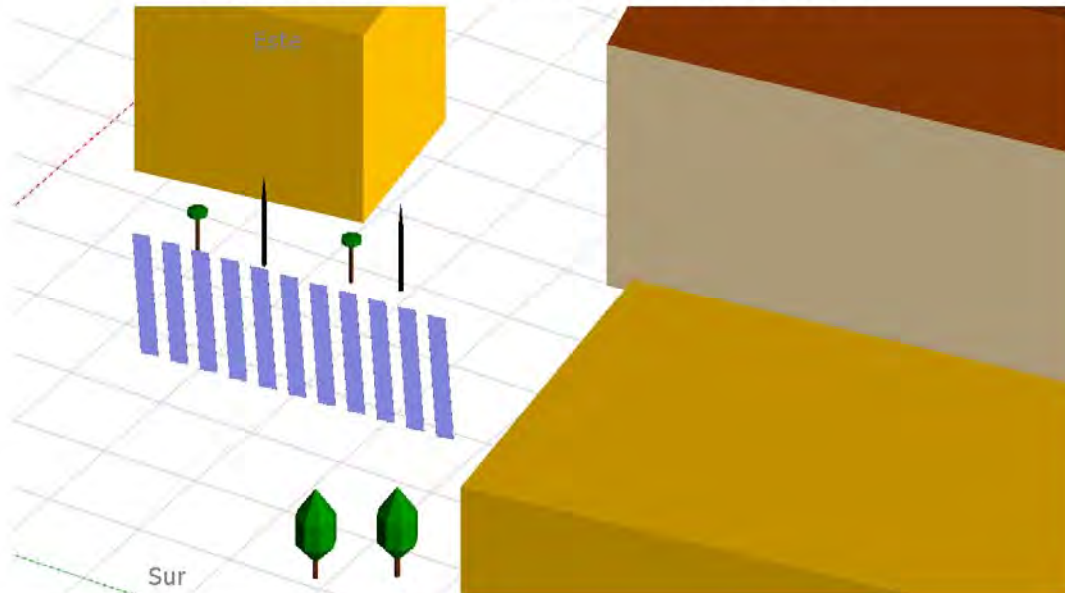
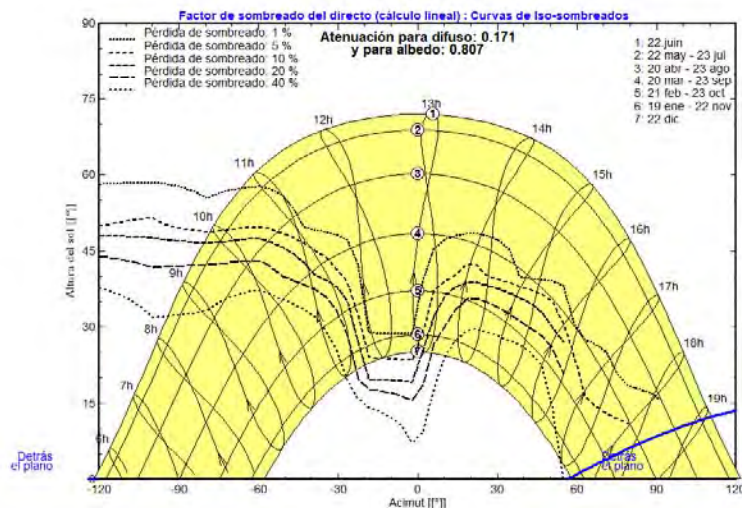


Diagrama de Iso-sombreados

P-18-08 Tunel Badal Nord





Opció 2. Inclinació 15°

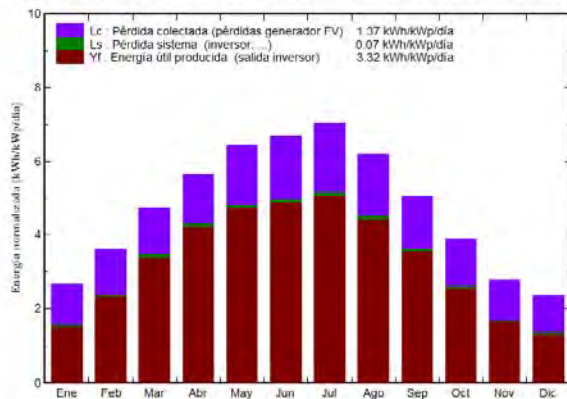
Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : **P-18-08 Tunel Badal Nord**  
Variante de simulación : **Opció 2. Instal·lació 15°**

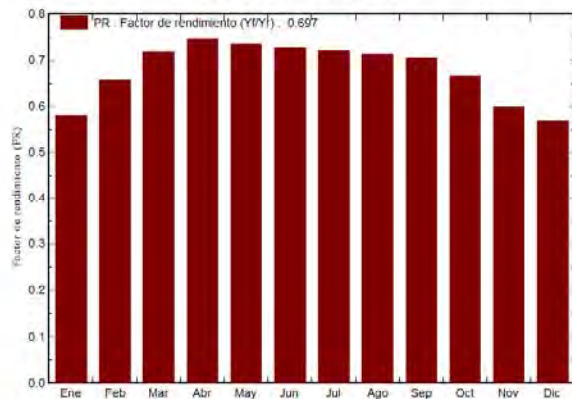
<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Conectado a la red</b>		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut	-34°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom	275 Wp
Generador FV	N° de módulos	231	Pnom total	<b>63.5 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30		20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	3.0	Pnom total	<b>60.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

**Resultados principales de la simulación**  
Producción del Sistema **Energía producida 77.02 MWh/año**  
Factor de rendimiento (PR) **69.71 %** Producción específica 1212 kWh/kWp/año

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 63.5 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Opció 2. Instal·lació 15°  
Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	
Enero	63.3	25.54	7.91	82.5	51.7	3.12	3.04	0.581
Febrero	82.9	34.29	9.05	100.5	71.4	4.28	4.19	0.656
Marzo	130.5	52.29	12.16	146.9	117.2	6.85	6.71	0.719
Abril	160.3	68.39	14.44	170.4	142.8	8.23	8.06	0.745
Mayo	192.3	77.70	18.12	199.3	168.8	9.50	9.31	0.735
Junio	200.1	79.62	22.21	201.6	172.1	9.51	9.32	0.728
Julio	214.6	77.67	24.57	218.5	187.0	10.21	10.00	0.721
Agosto	182.5	70.29	24.84	192.4	162.7	8.90	8.72	0.714
Septiembre	137.2	60.41	20.90	151.4	123.1	6.93	6.79	0.706
Octubre	102.4	43.44	17.51	119.7	90.1	5.17	5.07	0.666
Noviembre	65.9	29.39	11.89	83.3	54.8	3.25	3.17	0.600
Diciembre	54.7	23.93	8.41	72.8	44.8	2.70	2.63	0.569
<b>Año</b>	<b>1586.7</b>	<b>642.95</b>	<b>16.03</b>	<b>1739.2</b>	<b>1386.5</b>	<b>78.65</b>	<b>77.02</b>	<b>0.697</b>

Legendas: GlobHor Irradiación global horizontal  
DiffHor Irradiación difusa horizontal  
T Amb Temperatura Ambiente  
GlobInc Global incidente plano receptor  
GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados  
EArray Energía efectiva en la salida del generador  
E\_Grid Energía reinyectada en la red  
PR Factor de rendimiento

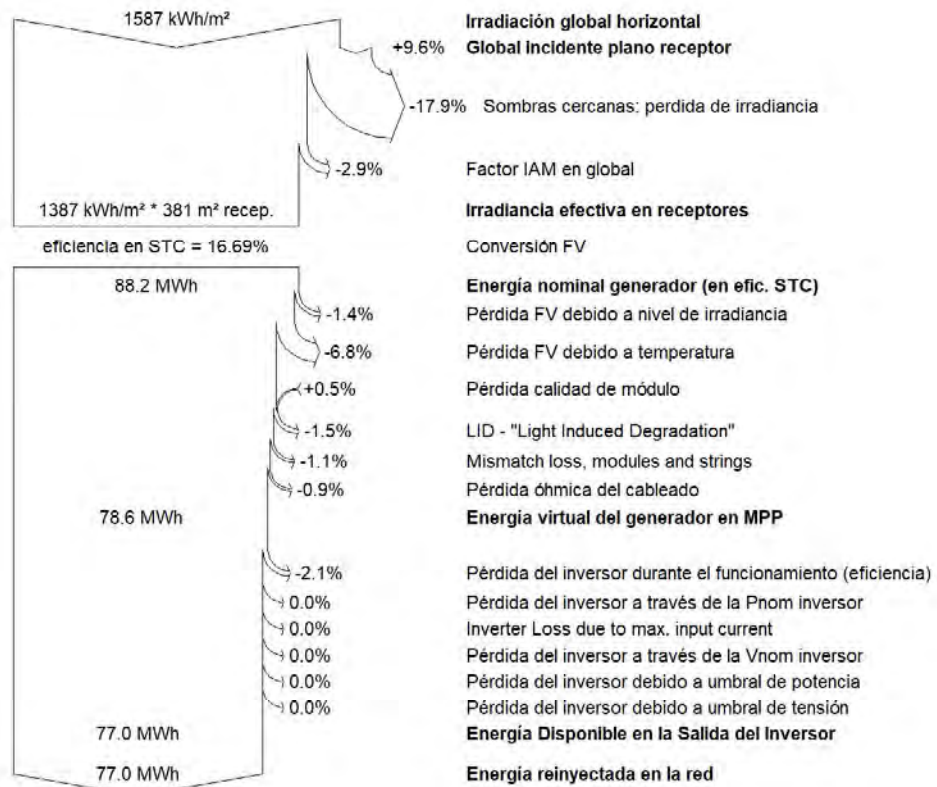
Opció 2. Inclinació 15°

Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : P-18-08 Tunel Badal Nord  
Variante de simulación : Opció 2. Instal·lació 15°

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut -34°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom 275 Wp
Generador FV	N° de módulos	231	Pnom total <b>63.5 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	3.0	Pnom total <b>60.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

Diagrama de pérdida durante todo el año



PVSYST V6.64		01/03/18	Página 1/5
Opció 3. Inclinació 35°			
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>			
<b>Proyecto :</b>	<b>P-18-08 Tunel Badal Nord</b>		
<b>Lugar geográfico</b>	<b>Barcelona</b>	<b>País</b>	<b>Espana</b>
<b>Ubicación</b>	Latitud	41.42° N	Longitud 2.13° E
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud 273 m
	Albedo	0.20	
<b>Datos climatológicos:</b>	<b>Barcelona</b>	Meteonorm 7.1 (1996-2010), Sat=5% - Síntesis	
<b>Variante de simulación :</b>	<b>Opció 3. Instal·lació 35°</b>		
	Fecha de simulación	01/03/18 00h05	
<b>Parámetros de la simulación</b>			
<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	35°	Acimut -34°
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
<b>Perfil obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
<b>Características generadores FV (3 Tipo de generador definido)</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-poly	Modelo	<b>REC 275PE</b>
Original PVsyst database		Fabricante	REC
<b>Sub-generador "Sub-generador #1"</b>			
Número de módulos FV	En serie	20 módulos	En paralelo 3 cadenas
Nº total de módulos FV	Nº módulos	60	Pnom unitaria 275 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	<b>16.50 kWp</b>	En cond. funciona. 14.87 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	569 V	I mpp 26 A
<b>Sub-generador "Sub-generador #2"</b>			
Número de módulos FV	En serie	17 módulos	En paralelo 2 cadenas
Nº total de módulos FV	Nº módulos	34	Pnom unitaria 275 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	<b>9.35 kWp</b>	En cond. funciona. 8.42 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	484 V	I mpp 17 A
<b>Sub-generador "Sub-generador #3"</b>			
Número de módulos FV	En serie	19 módulos	En paralelo 5 cadenas
Nº total de módulos FV	Nº módulos	95	Pnom unitaria 275 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	<b>26.13 kWp</b>	En cond. funciona. 23.54 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	541 V	I mpp 44 A
<b>Total</b>	Potencia global generadores	Nominal (STC)	<b>52 kWp</b>
	Superficie módulos		<b>312 m²</b>
		Total	189 módulos
		Superf. célula	279 m²
<b>Inversor</b>			
	Modelo	<b>Sunny Tripower 25000TL-30</b>	
Original PVsyst database	Fabricante	SMA	
Características	Tensión Funciona.	390-800 V	Pnom unitaria 25.0 kWac
<b>Sub-generador "Sub-generador #1"</b>	Nº de inversores	1 * MPPT 64 %	Potencia total 16.0 kWac
<b>Sub-generador "Sub-generador #2"</b>	Nº de inversores	1 * MPPT 36 %	Potencia total 9.0 kWac
<b>Sub-generador "Sub-generador #3"</b>	Nº de inversores	1 unidades	Potencia total 25 kWac
<b>Total</b>	Nº de inversores	2	Potencia total 50 kWac
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Generador#1	361 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
	Generador#2	460 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
	Generador#3	206 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC

Opció 3. Inclinació 35°

Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación (continuación)

LID - "Light Induced Degradation"	Fracción de Pérdidas	1.5 %
Pérdida Calidad Módulo	Fracción de Pérdidas	-0.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos	Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Strings Mismatch loss	Fracción de Pérdidas	0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM = $1 - bo(1/\cos i - 1)$	Parám. bo 0.05

**Necesidades de los usuarios :** Carga ilimitada (red)

Opció 3. Inclinació 35°

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

Proyecto : **P-18-08 Tunel Badal Nord**

Variante de simulación : **Opció 3. Instal·lació 35°**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	35°	acimut -34°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom 275 Wp
Generador FV	N° de módulos	189	Pnom total <b>52.0 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 25000TL-30	25.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	2.0	Pnom total <b>50.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

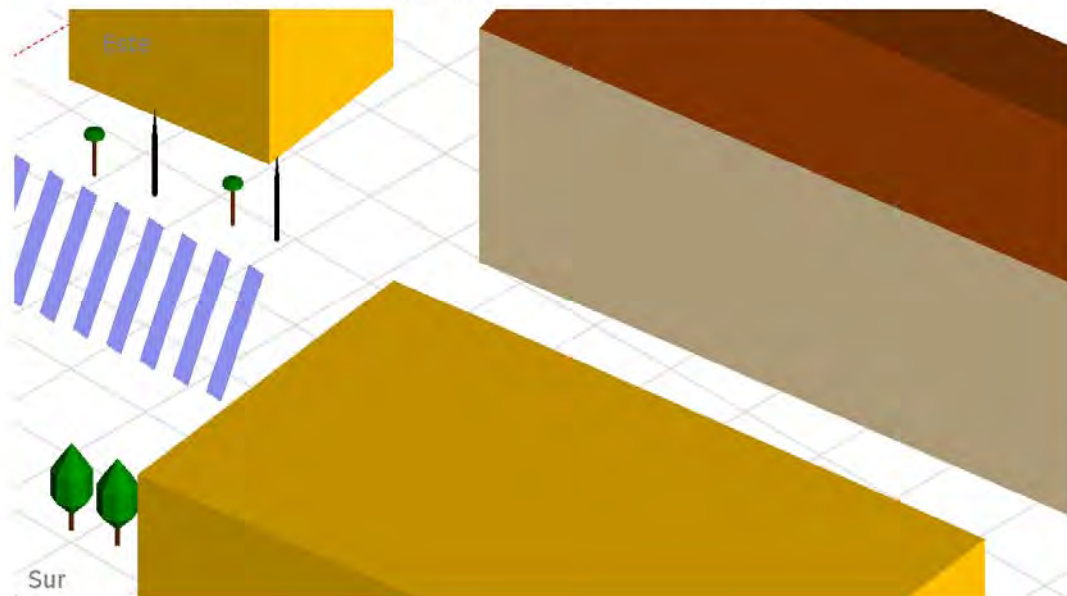
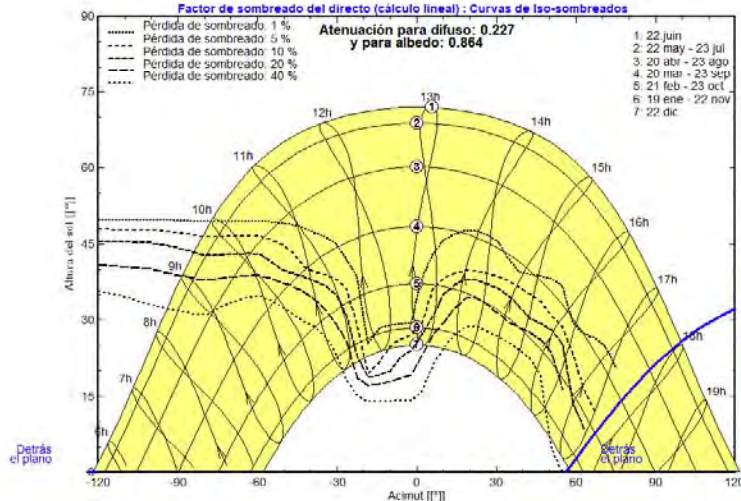


Diagrama de Iso-sombreados

P-18-08 Tunel Badal Nord

Factor de sombreado del directo (cálculo lineal) : Curvas de Iso-sombreados



Opció 3. Inclinació 35°

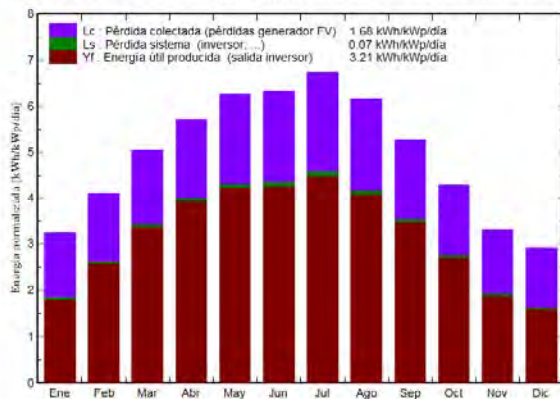
Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : **P-18-08 Tunel Badal Nord**  
Variante de simulación : **Opció 3. Instal·lació 35°**

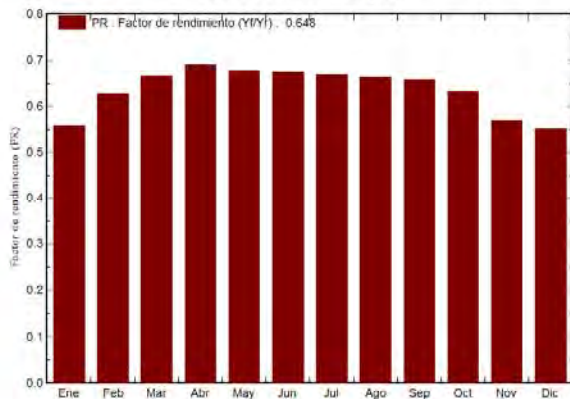
<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Conectado a la red</b>		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	35°	acimut	-34°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom	275 Wp
Generador FV	N° de módulos	189	Pnom total	<b>52.0 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 25000TL-30		25.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	2.0	Pnom total	<b>50.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

**Resultados principales de la simulación**  
Producción del Sistema **Energía producida 60.95 MWh/año** Producción específica 1173 kWh/kWp/año  
Factor de rendimiento (PR) **64.78 %**

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 52.0 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Opció 3. Instal·lació 35°  
Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	
Enero	63.3	25.54	7.91	100.8	62.0	2.989	2.926	0.558
Febrero	82.9	34.29	9.05	115.4	80.3	3.841	3.762	0.627
Marzo	130.5	52.29	12.16	156.8	121.0	5.548	5.431	0.666
Abril	160.3	68.39	14.44	171.5	138.1	6.272	6.140	0.689
Mayo	192.3	77.70	18.12	194.0	157.2	6.975	6.824	0.677
Junio	200.1	79.62	22.21	190.2	154.6	6.814	6.666	0.674
Julio	214.6	77.67	24.57	208.6	170.6	7.419	7.256	0.669
Agosto	182.5	70.29	24.84	191.2	155.8	6.753	6.602	0.665
Septiembre	137.2	60.41	20.90	158.4	124.2	5.547	5.429	0.660
Octubre	102.4	43.44	17.51	133.2	97.8	4.470	4.375	0.632
Noviembre	65.9	29.39	11.89	99.5	63.5	3.009	2.945	0.569
Diciembre	54.7	23.93	8.41	90.6	54.4	2.650	2.594	0.551
<b>Año</b>	<b>1586.7</b>	<b>642.95</b>	<b>16.03</b>	<b>1810.1</b>	<b>1379.6</b>	<b>62.288</b>	<b>60.949</b>	<b>0.648</b>

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal  
DiffHor Irradiación difusa horizontal  
T Amb Temperatura Ambiente  
GlobInc Global incidente plano receptor  
GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados  
EArray Energía efectiva en la salida del generador  
E\_Grid Energía reinyectada en la red  
PR Factor de rendimiento

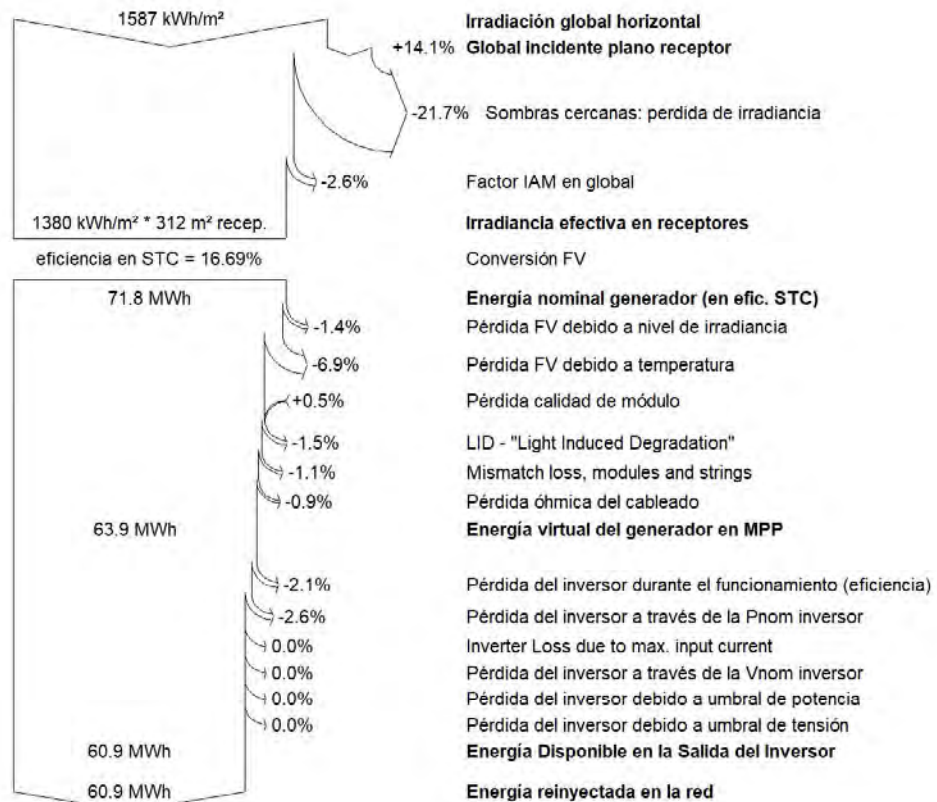
Opció 3. Inclinació 35°

Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : P-18-08 Tunel Badal Nord  
Variante de simulación : Opció 3. Instal·lació 35°

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	35°	acimut -34°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom 275 Wp
Generador FV	N° de módulos	189	Pnom total <b>52.0 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 25000TL-30	25.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	2.0	Pnom total <b>50.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

Diagrama de pérdida durante todo el año



PVSYST V6.64		01/03/18	Página 1/4
Opció 4. Inclinació 5 Sud			
Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación			
<b>Proyecto :</b>	<b>P-18-08 Tunel Badal Nord</b>		
<b>Lugar geográfico</b>	<b>Barcelona</b>	País	<b>Espana</b>
<b>Ubicación</b>	Latitud	41.42° N	Longitud 2.13° E
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud 273 m
	Albedo	0.20	
<b>Datos climatológicos:</b>	<b>Barcelona</b>	Meteonorm 7.1 (1996-2010), Sat=5% - Síntesis	
<b>Variante de simulación :</b>	<b>Opció 4. Instal·lació 5º sud</b>		
	Fecha de simulación	01/03/18 00h41	
<b>Parámetros de la simulación</b>			
<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	5°	Acimut 0°
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
<b>Perfil obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
<b>Características generador FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-poly	Modelo	<b>REC 275PE</b>
Original PVsyst database		Fabricante	REC
Número de módulos FV		En serie	20 módulos
Nº total de módulos FV		Nº módulos	320
Potencia global generador		Nominal (STC)	<b>88.0 kWp</b>
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	569 V
Superficie total		Superficie módulos	<b>528 m²</b>
		En paralelo	16 cadenas
		Pnom unitaria	275 Wp
		En cond. funciona.	79.3 kWp (50°C)
		I mpp	139 A
		Superf. célula	472 m²
<b>Inversor</b>			
		Modelo	<b>Sunny Tripower 20000TL-30</b>
Original PVsyst database		Fabricante	SMA
Características		Tensión Funciona.	320-800 V
		Pnom unitaria	20.0 kWac
Banco de inversores		Nº de inversores	8 * MPPT 50 %
		Potencia total	80 kWac
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>			
Factor de pérdidas térmicas		Uc (const)	20.0 W/m²K
		Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado		Res. global generador	68 mOhm
LID - "Light Induced Degradation"		Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo		Fracción de Pérdidas	1.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos		Fracción de Pérdidas	-0.5 %
Strings Mismatch loss		Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE		Fracción de Pérdidas	0.10 %
	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05
<b>Necesidades de los usuarios :</b> Carga ilimitada (red)			



Opció 4. Inclinació 5 Sud

Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

Proyecto : **P-18-08 Tunel Badal Nord**

Variante de simulación : **Opció 4. Instal·lació 5° sud**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	5°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom 275 Wp
Generador FV	N° de módulos	320	Pnom total <b>88.0 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	4.0	Pnom total <b>80.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano

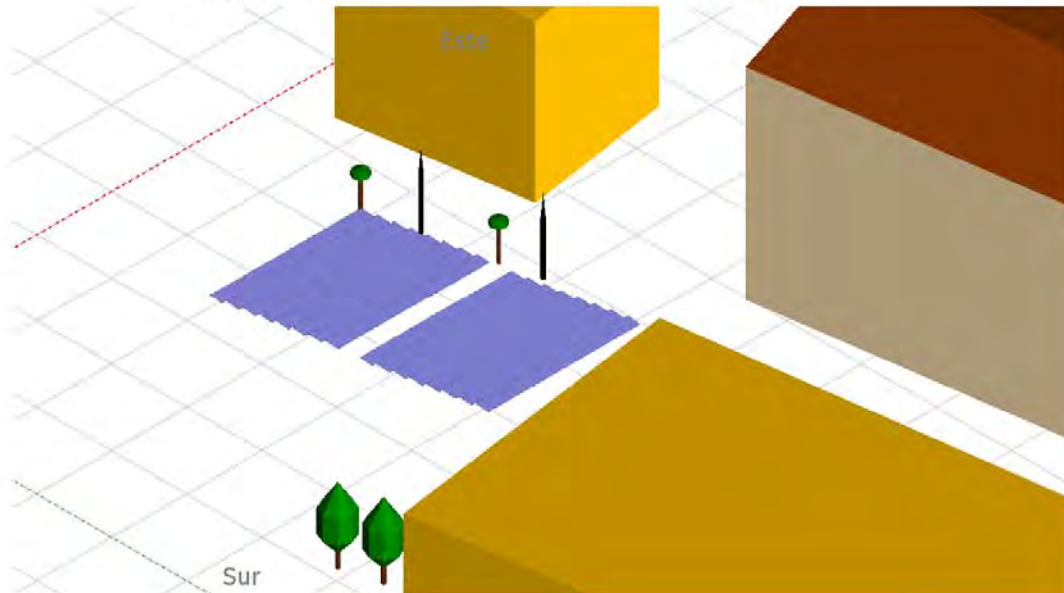
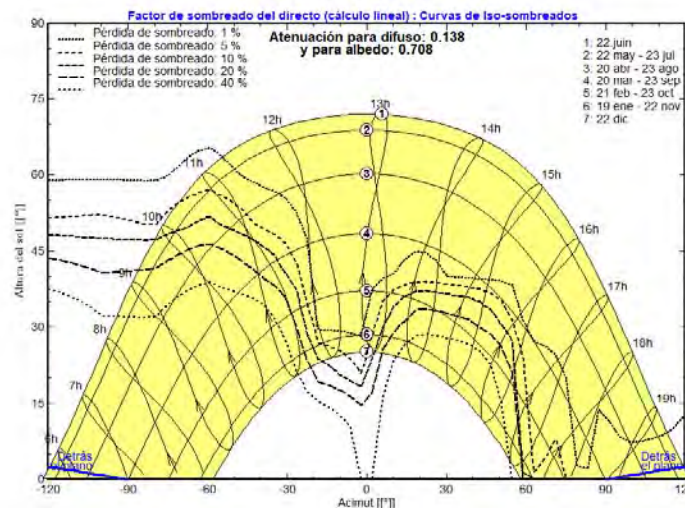


Diagrama de Iso-sombreados

P-18-08 Tunel Badal Nord



Opció 4. Inclinació 5 Sud

Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

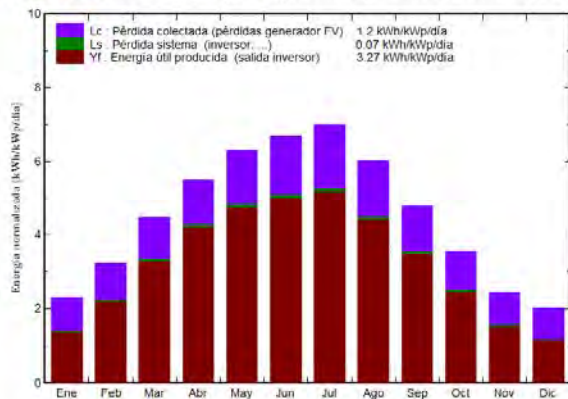
Proyecto : P-18-08 Tunel Badal Nord

Variante de simulación : Opció 4. Instal·lació 5° sud

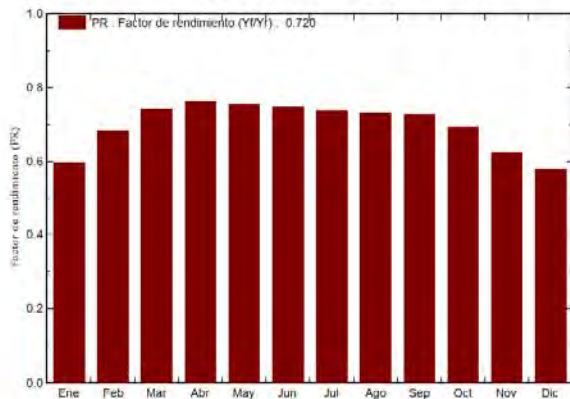
<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Conectado a la red</b>		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	5°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom	275 Wp
Generador FV	N° de módulos	320	Pnom total	<b>88.0 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30		20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	4.0	Pnom total	<b>80.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

<b>Resultados principales de la simulación</b>			
Producción del Sistema	<b>Energía producida</b>	<b>105.0 MWh/año</b>	Produc. específico 1194 kWh/kWp/año
	Factor de rendimiento (PR)	72.04 %	

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 88.0 kWp



Factor de rendimiento (PR)



Opció 4. Instal·lació 5° sud  
Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	
Enero	63.3	25.54	7.91	71.5	46.1	3.86	3.77	0.598
Febrero	82.9	34.29	9.05	90.8	67.0	5.58	5.47	0.684
Marzo	130.5	52.29	12.16	138.3	113.5	9.23	9.05	0.743
Abril	160.3	68.39	14.44	165.5	141.9	11.37	11.15	0.765
Mayo	192.3	77.70	18.12	195.2	169.3	13.24	12.98	0.756
Junio	200.1	79.62	22.21	201.5	176.3	13.52	13.26	0.748
Julio	214.6	77.67	24.57	216.9	190.2	14.42	14.13	0.740
Agosto	182.5	70.29	24.84	187.1	161.7	12.30	12.06	0.732
Septiembre	137.2	60.41	20.90	143.5	119.8	9.38	9.19	0.728
Octubre	102.4	43.44	17.51	110.2	85.9	6.86	6.72	0.693
Noviembre	65.9	29.39	11.89	73.6	50.3	4.14	4.05	0.626
Diciembre	54.7	23.93	8.41	62.8	39.3	3.28	3.20	0.580
Año	1586.7	642.95	16.03	1656.8	1361.2	107.19	105.03	0.720

Leyendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
	DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
	T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
	GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

Opció 4. Inclinació 5 Sud

Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **P-18-08 Tunel Badal Nord**

Variante de simulación : **Opció 4. Instal·lació 5° sud**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	5°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	REC 275PE	Pnom 275 Wp
Generador FV	N° de módulos	320	Pnom total <b>88.0 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Banco de inversores	N° de unidades	4.0	Pnom total <b>80.0 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

Diagrama de pérdida durante todo el año

