

# “Energía Solar Fotovoltaica. Interconexión a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos ”



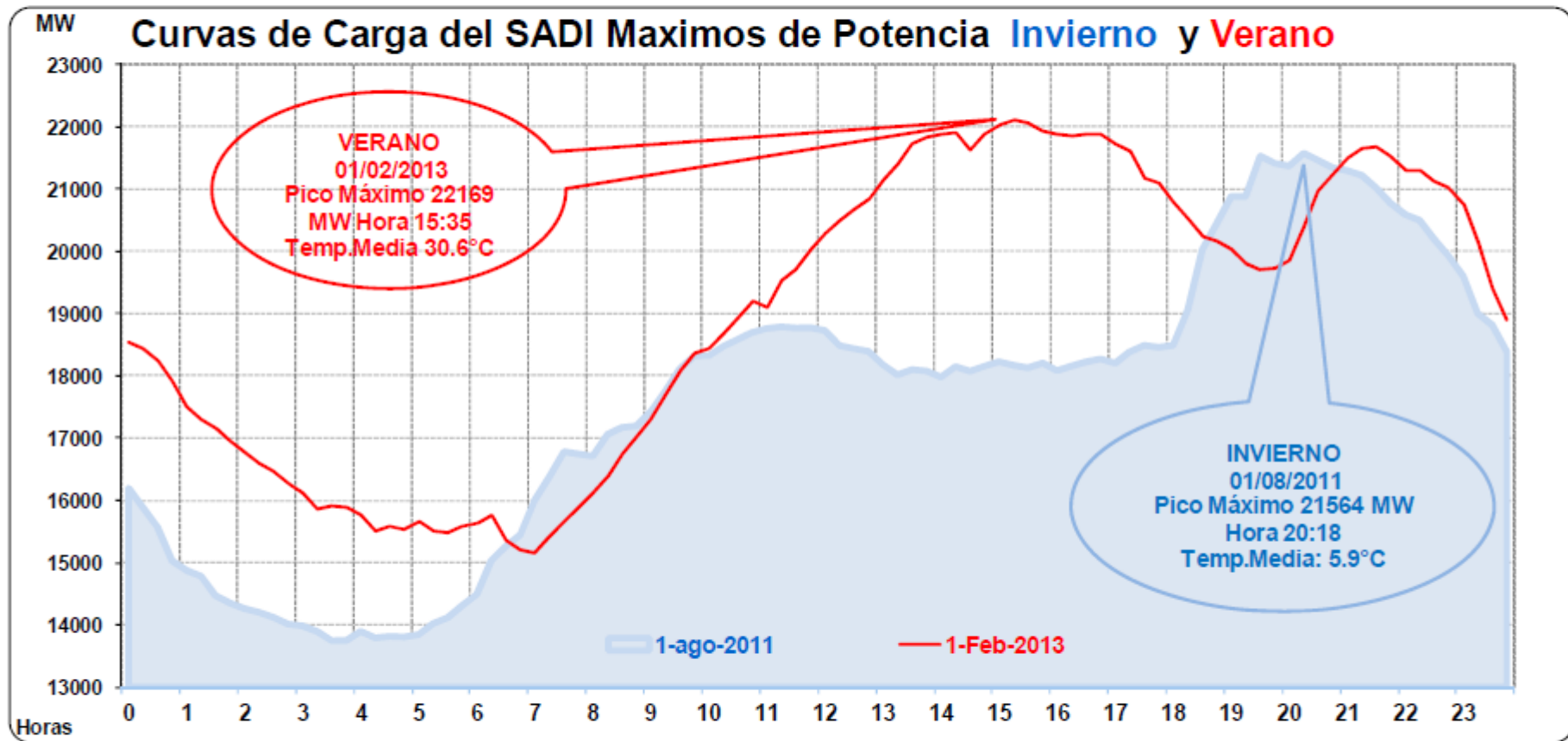
Juan Carlos Benvenuto  
[jcbenvenuto@aldar.com.ar](mailto:jcbenvenuto@aldar.com.ar)  
[www.aldar.com.ar](http://www.aldar.com.ar)

Septiembre 2014, Buenos Aires - Argentina

# Principales Inconvenientes en el Suministro Eléctrico en Argentina

- **Demanda de Potencia superior a Oferta**
  - Crecimiento
  - Falta de Planificación e Inversión
  - Subsidios (Consumo Irracional)
- **Colapso del Sistema de Distribución de Energía**
  - Falta de Planificación e Inversión

# Días de Mayor Potencia







**CAT**  
Rental Power

Ministerio de Planificación Federal  
Inversión Pública y Servicios  
Presidencia de la Nación

**ESTAMOS TRABAJANDO**

Nuevas obras de mejora para  
la distribución eléctrica

0800-3-333787  
24 horas a su servicio

EDENOR

**Solución adoptada para el problema de  
Distribución**

# Interconexión de Sistemas Fotovoltaicos a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos

## ❑ Consorcio IRESUD

Consorcio Publico – Privado que ganó un fondo FONARCEC Del MINCYT con fondo BID

### Instituciones públicas

CNEA – Dpto. Energía Solar  
UNSAM – Esc. C&T y GESTEC-  
Esc. E&N

### Empresas privadas

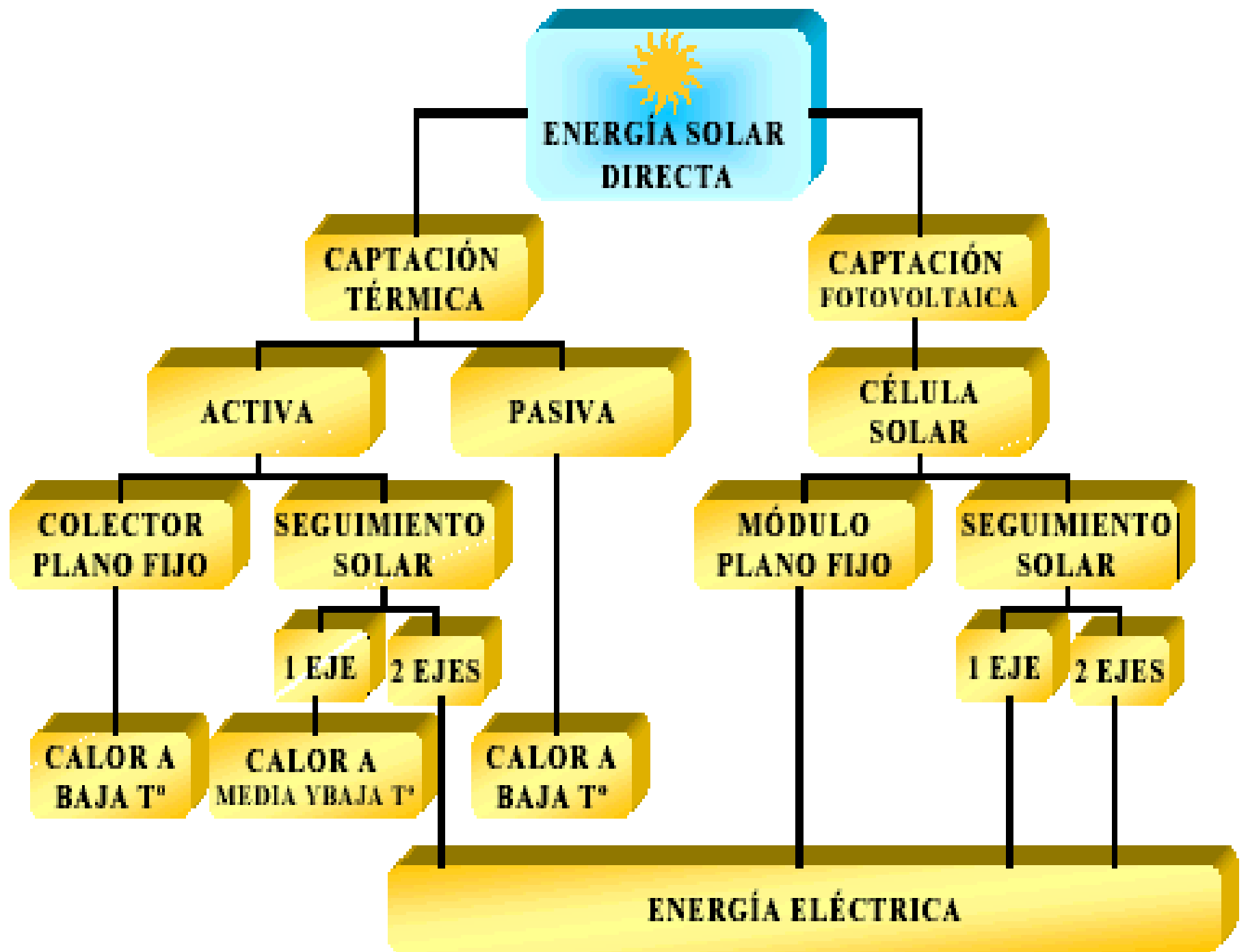
Aldar S.A.  
Edenor S.A.  
Eurotec S.R.L.  
Q-Max S.R.L.  
Tyco S.A.

## Objetivo General

- ❑ Impulsar la introducción en el país de tecnologías asociadas con la interconexión a la red eléctrica de sistemas FV distribuidos en áreas urbanas y periurbanas

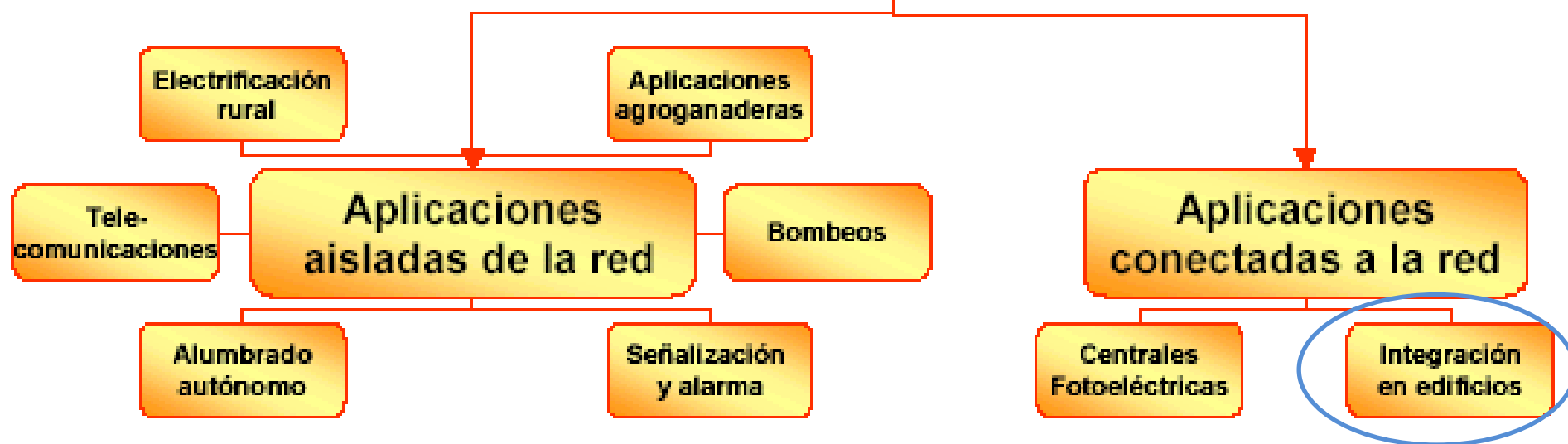
# ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA







# ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA























# NUESTRO PRINCIPAL PROVEEDOR



# EL SOL

DIAMETRO: 1.400.000 KM

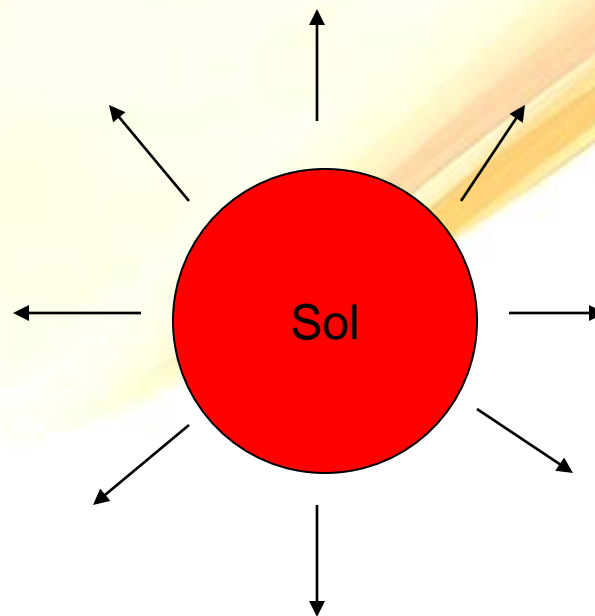
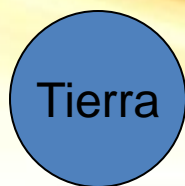
MASA: 300.000 VECES MAS QUE LA TIERRA

EDAD MAS DE 5000 MILLONES DE AÑOS

POTENCIA QUE GENERA: 400.000.000.000.000.000.000.000 KWatts

La potencia generada por todas las plantas industriales del mundo trabajando juntas seria 300 billones de veces mas pequeña

En un segundo, el sol irradia mas energía que la consumida por los humanos desde sus albores hasta nuestros días



$1,5 \times 10^{11}$  metros



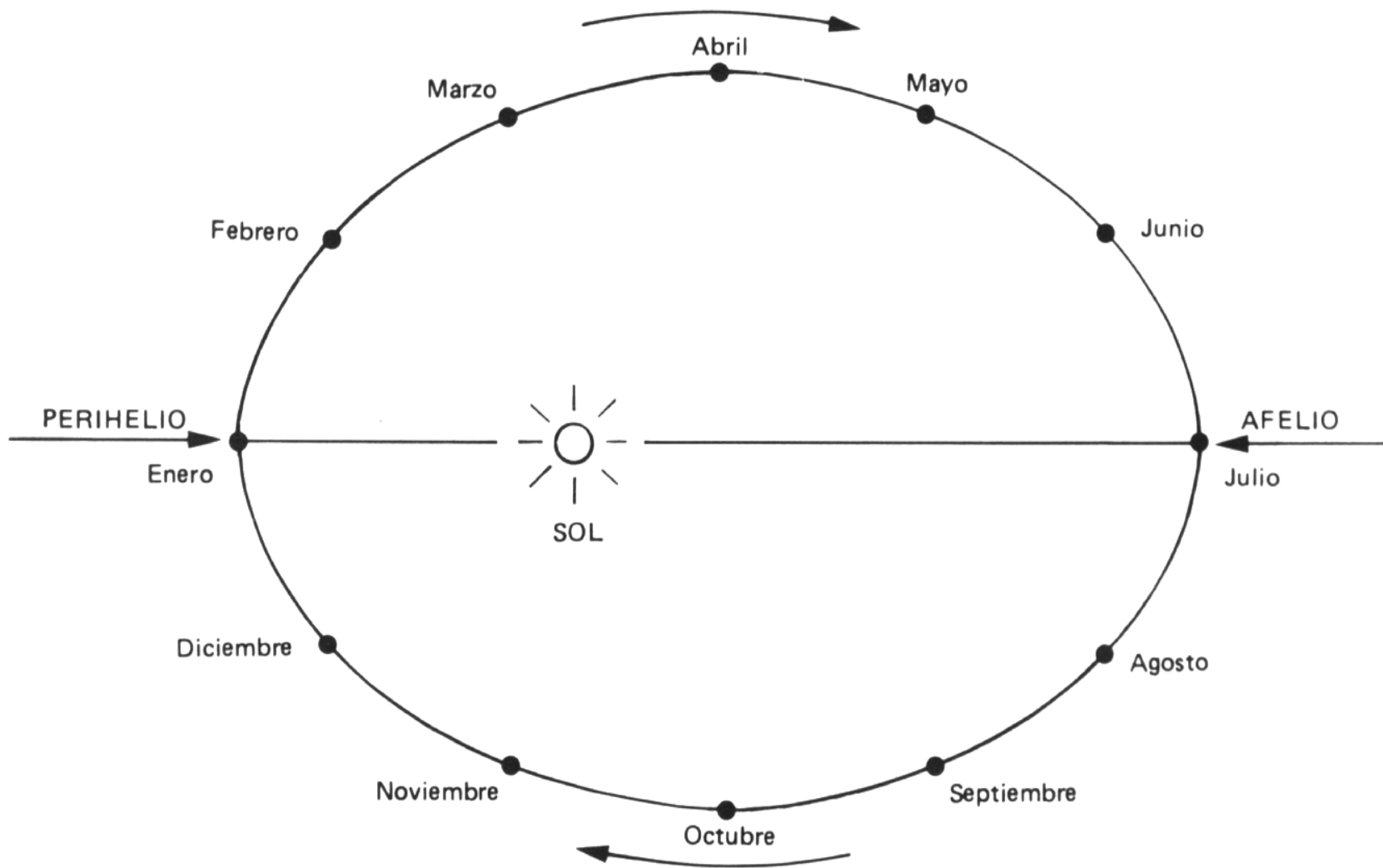
# LA CONSTANTE SOLAR EN EL ESPACIO

Debido a la distancia Tierra - Sol nos llegan:

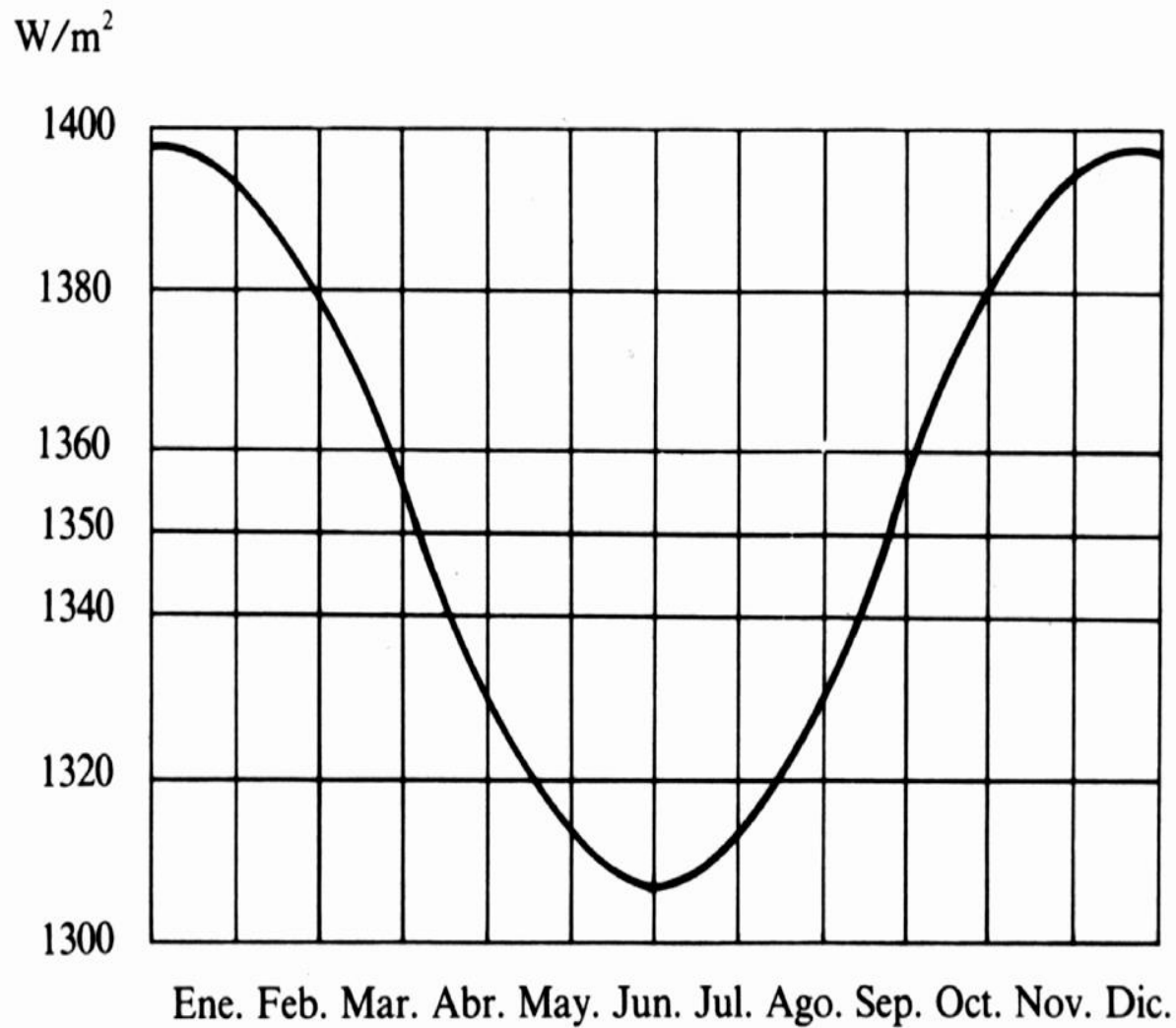
$$I = 1353 \text{ W/m}^2$$

$I$  = Constante solar en espacio vacío fuera de la atmósfera



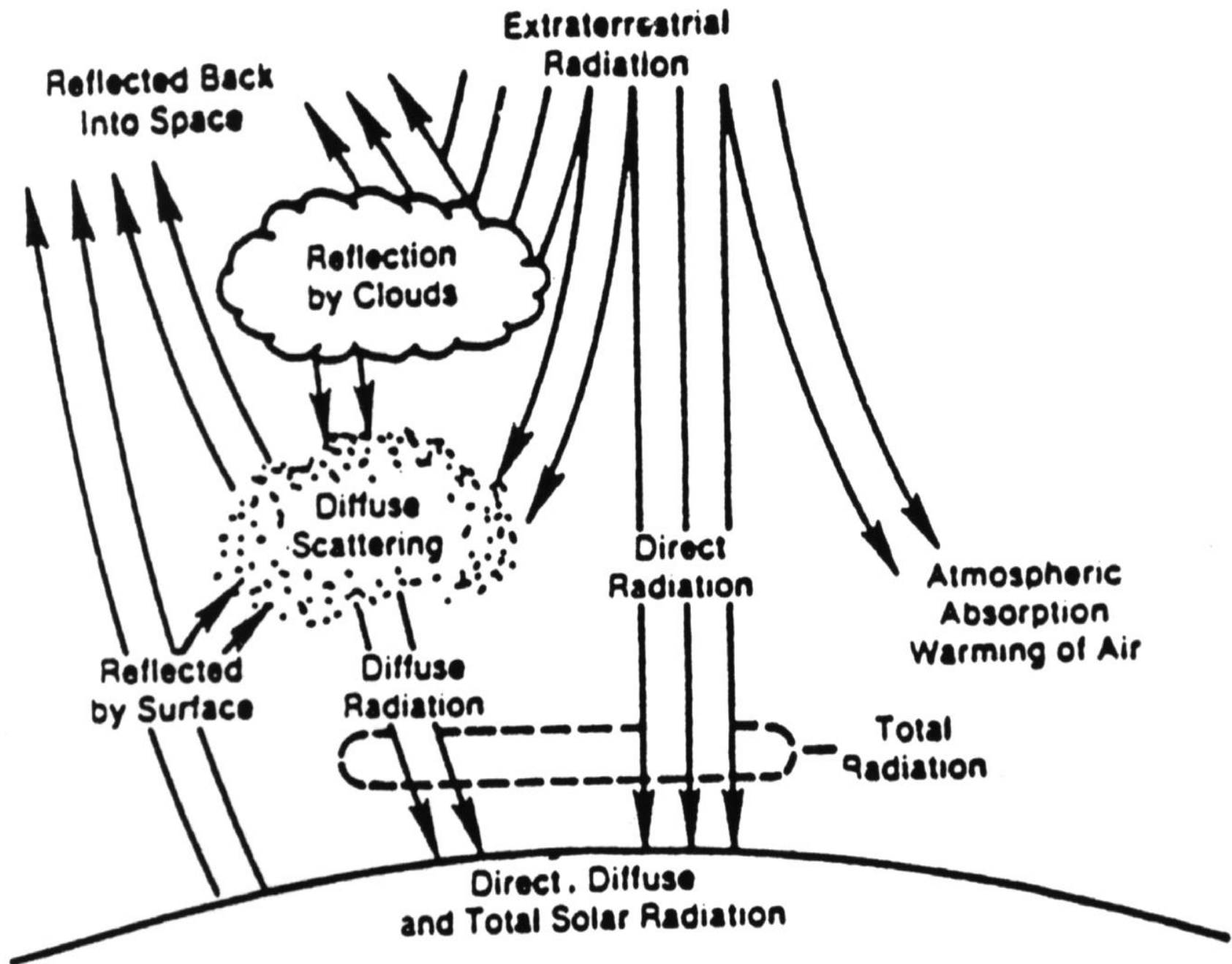


*Fig. 1.*

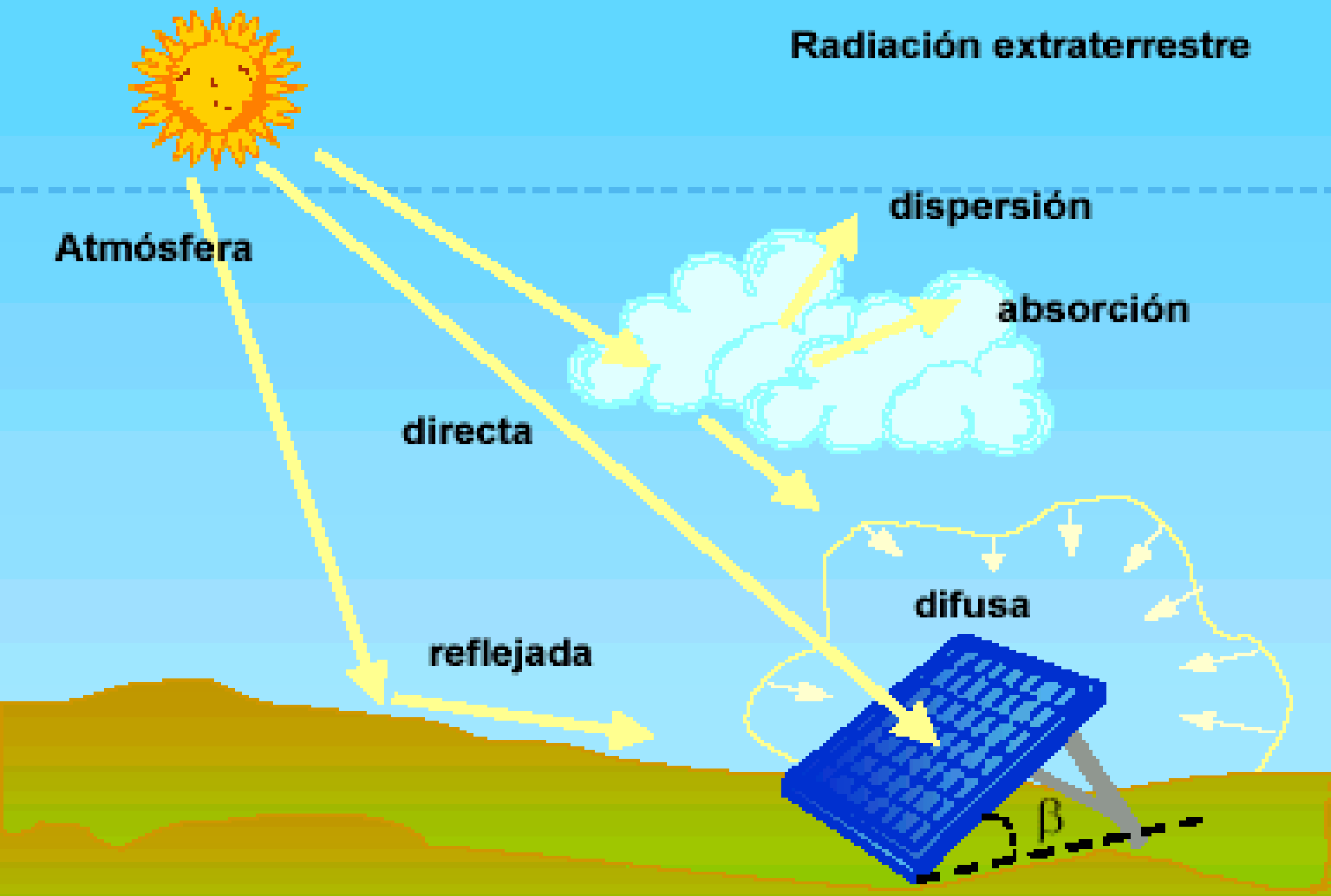


*Fig. 2. Variación de la Constante Solar fuera de la atmósfera.*

# EFECTO DE LA ATMOSFERA



## Radiación extraterrestre





# LA CONSTANTE SOLAR EN LA SUP. TERRESTRE

Debido al efecto de la atmosfera y a fines prácticos  
consideramos que nos llegan:

$$I = 1.000 \text{ W/m}^2$$

$I$  = Constante solar en la superficie de la tierra

# EFECTO DE LA DECLINACIÓN TERRESTRE

Polo de la eclíptica

Eje de rotación terrestre

23,5°

Tierra

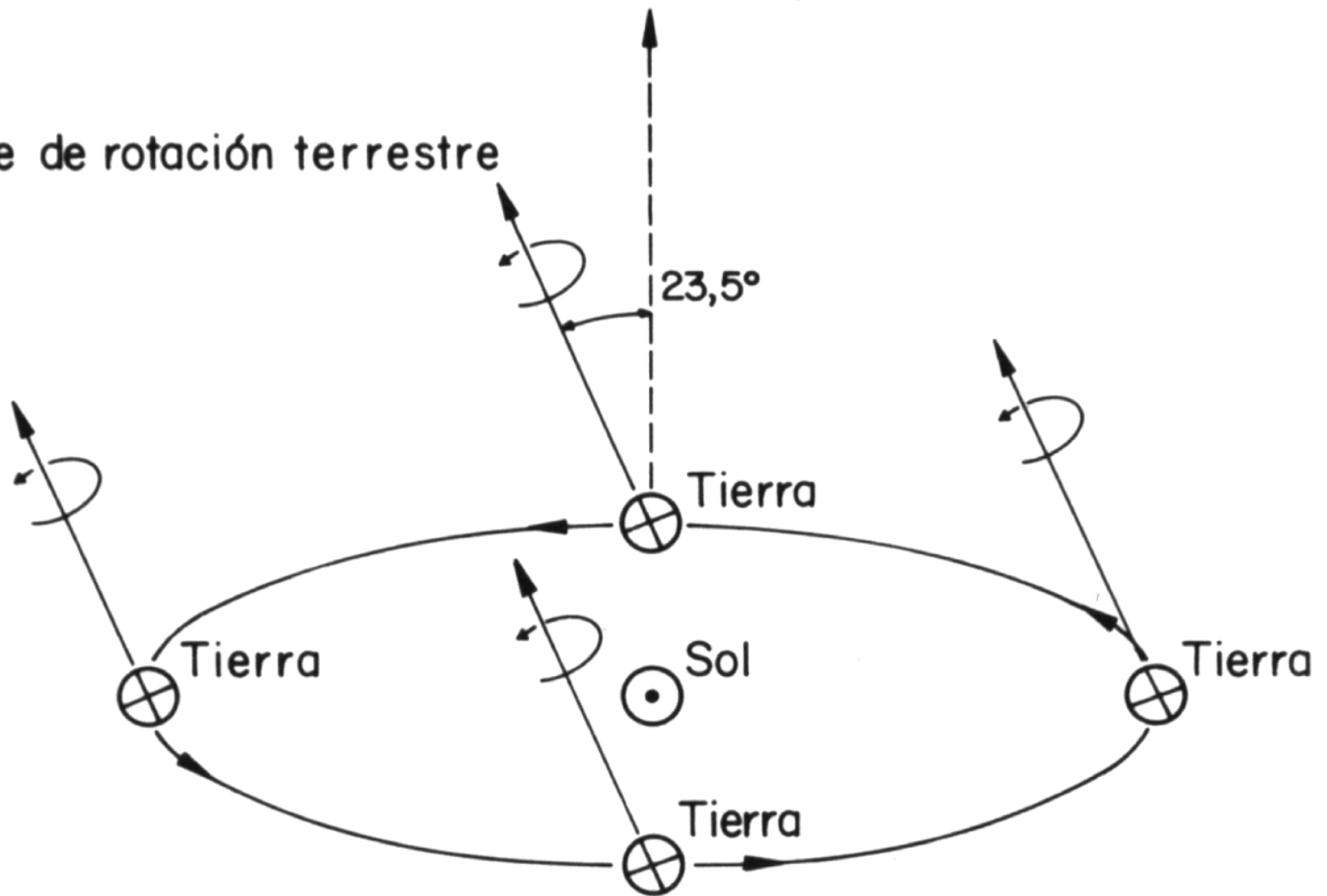
Sol

Tierra

Tierra

Tierra

Eclíptica



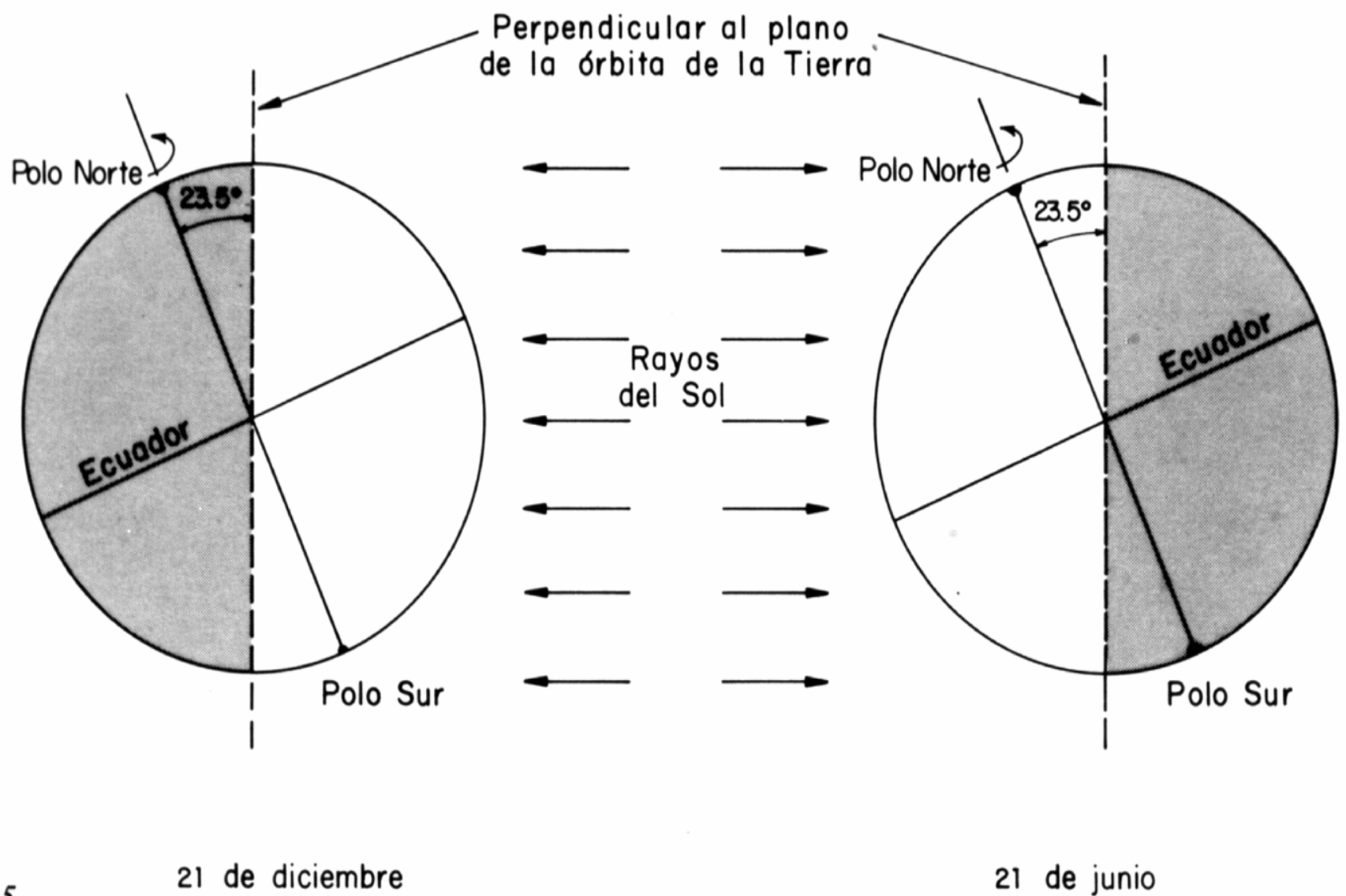


Fig. 5.

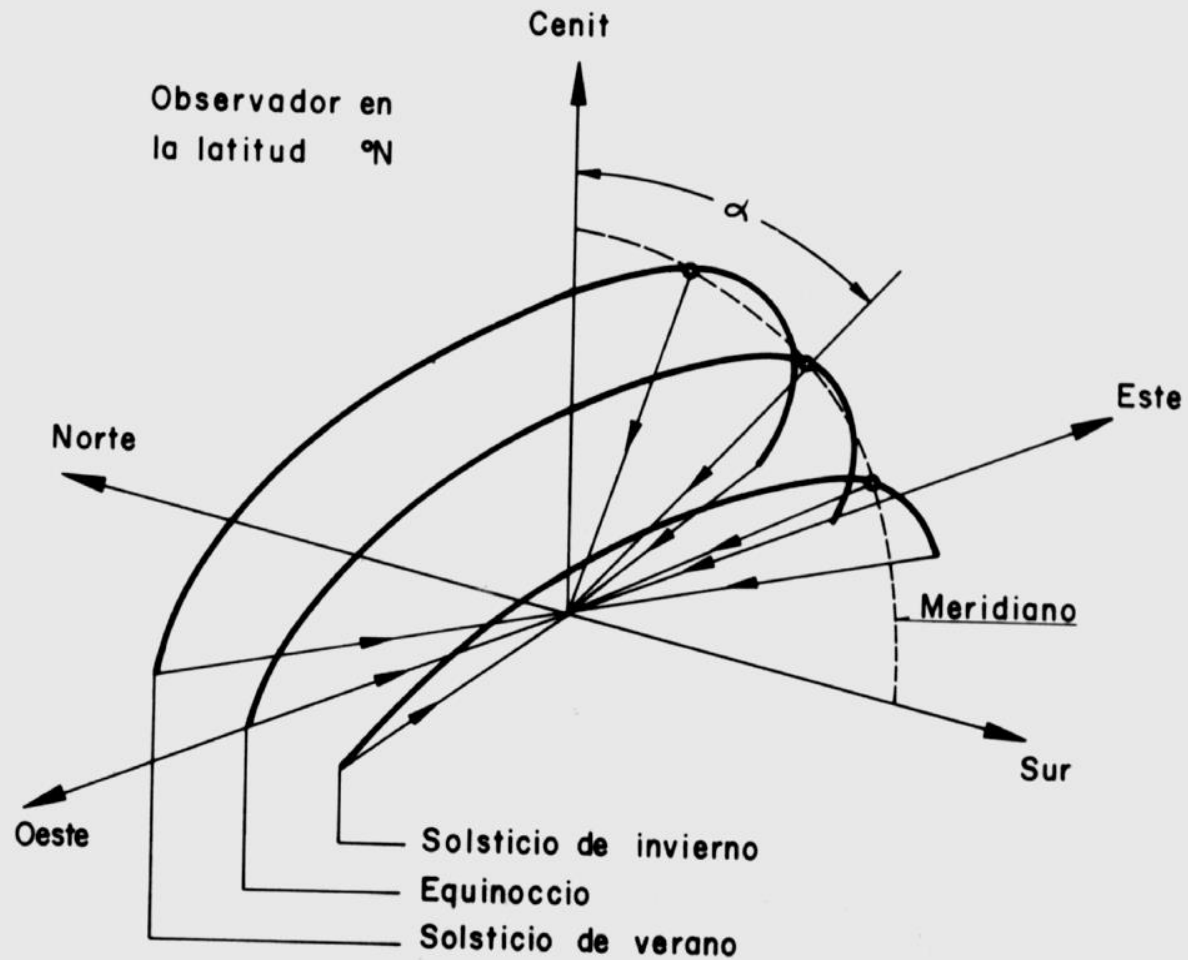


Fig. 6.



# EFECTO FOTOVOLTAICO

**BECQUEREL  
DESCUBRIÓ EL  
EFECTO  
FOTOVOLTAICO**

1839

**PLANCK ENUNCIÓ  
LA HIPÓTESIS DE  
LOS FOTONES**

1900

**MOTT Y SCHOTTKY  
ENUNCIAN LA  
TEORÍA DE LOS  
DIODOS**

1940

**SE LANZA AL  
ESPACIO EL PRIMER  
SATÉLITE CON  
CÉLULAS SOLARES**

1958

**HERTZ: BAJO LA  
ACCIÓN DE LA LUZ,  
LOS METALES  
EMITEN CARGAS**

1887

**EINSTEIN  
INTERPRETÓ LA  
TEORIA DE LOS  
FOTONES**

1902

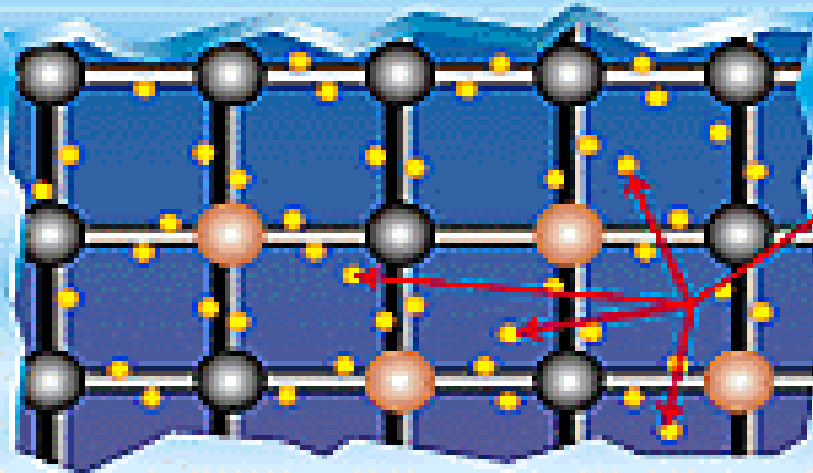
**CHAPIN, FUELLER Y  
PERARSON  
CREARON LA 1ª  
CÉLULA SOLAR**

1954

**POTENCIA  
MUNDIAL  
INSTALADA  
126, 70 MWp EN1997**

1996

**Contact surface**

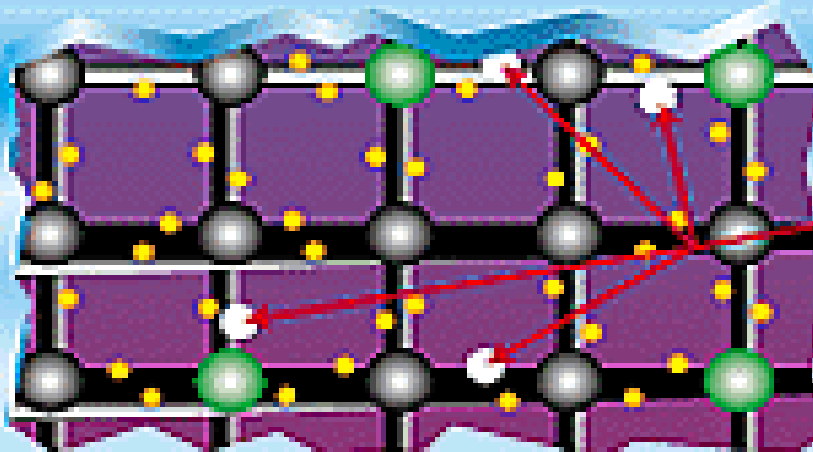


**n-layer**

**Extra  
electrons**

Fosforo

**Junction**



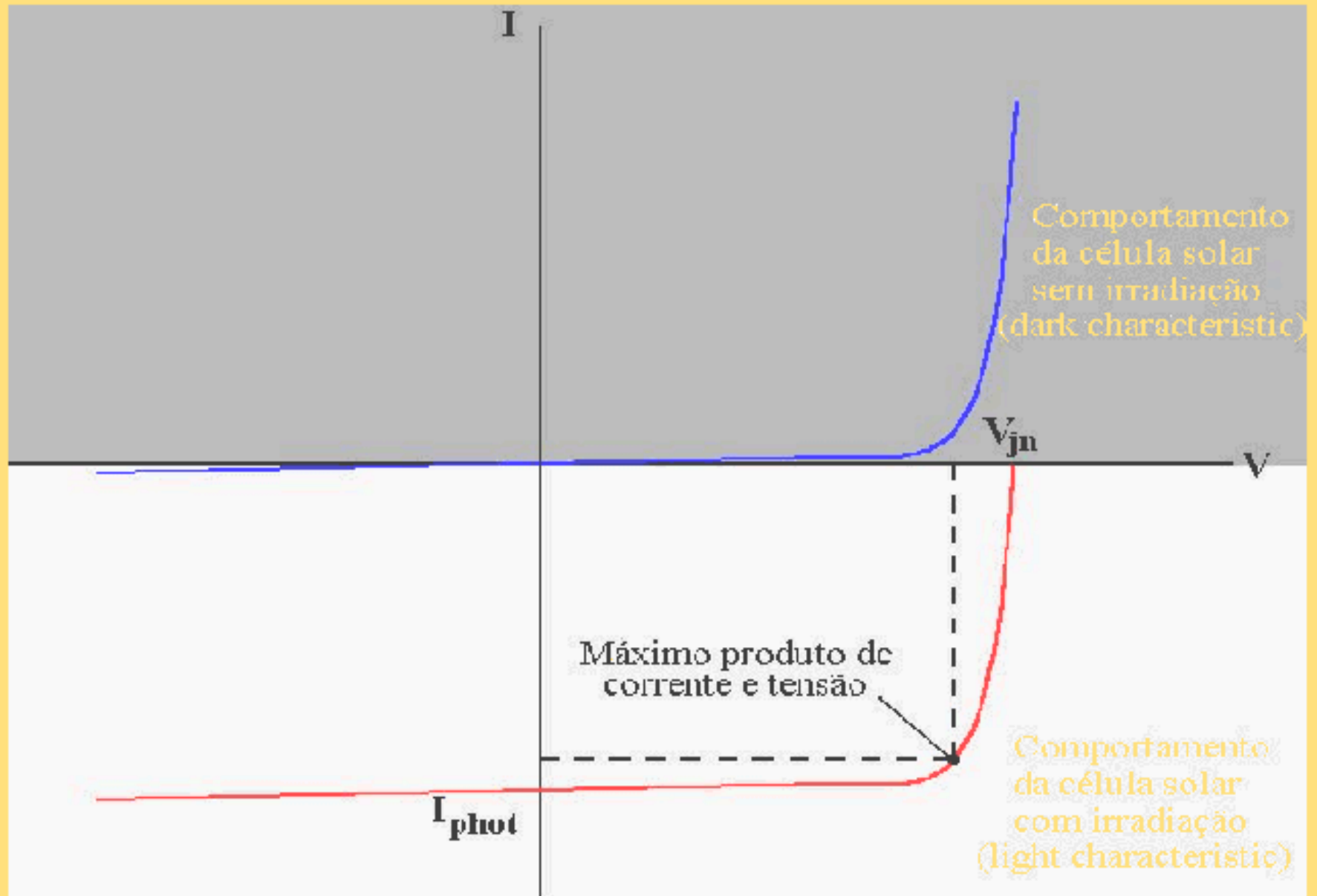
**Extra  
holes**

Boro

**Contact surface**

**p-layer**

# Efeito fotovoltaico



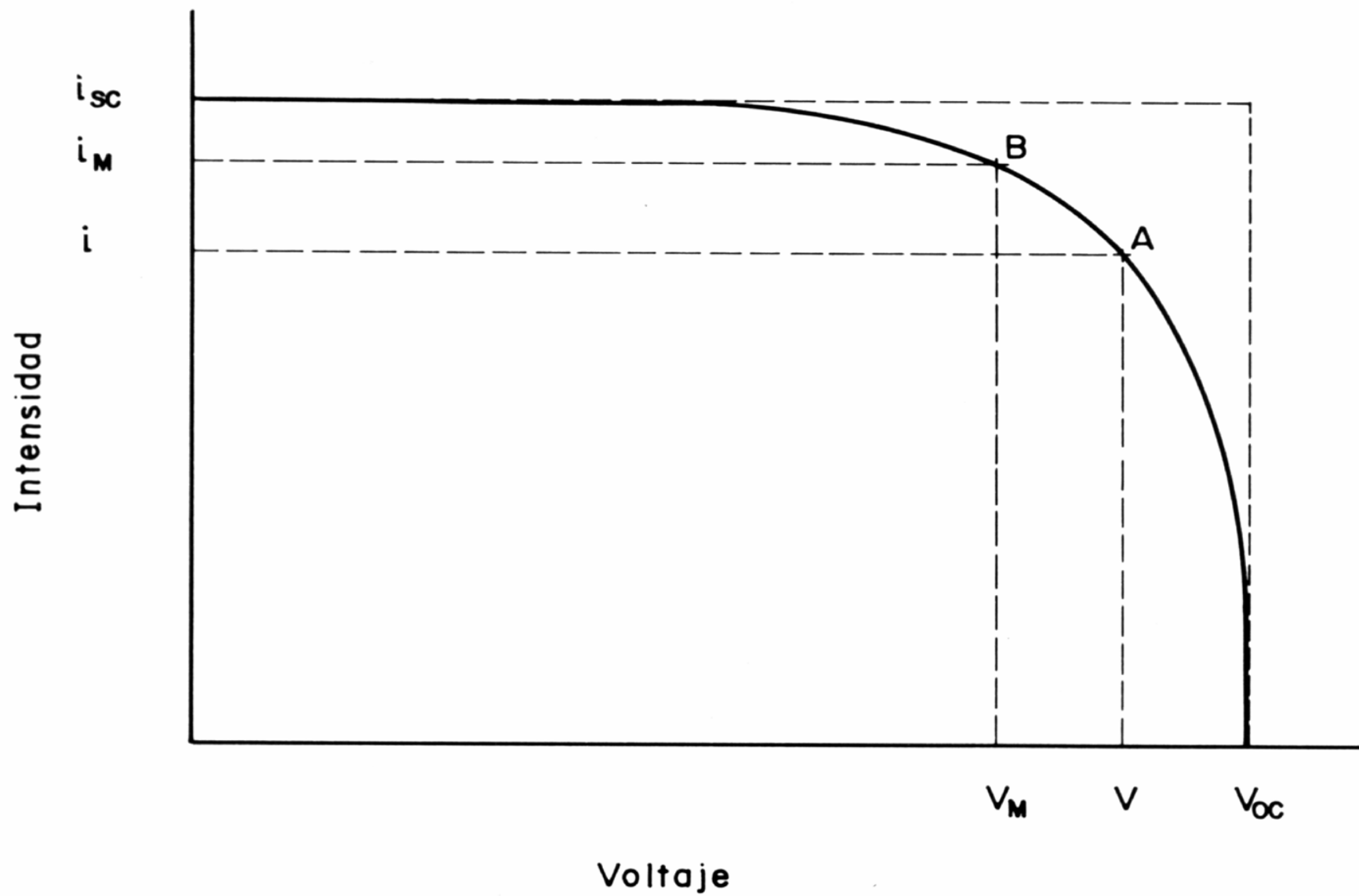
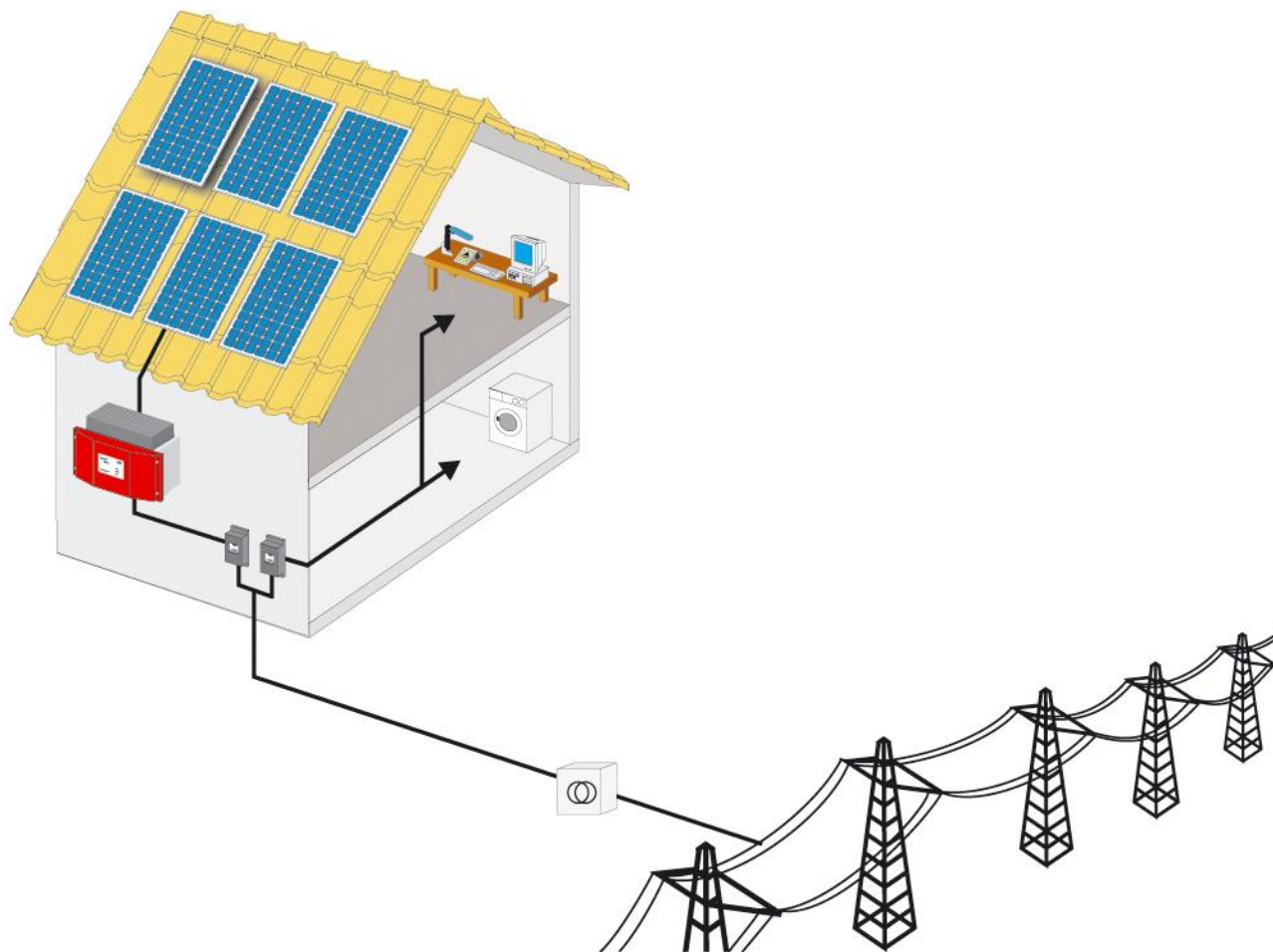


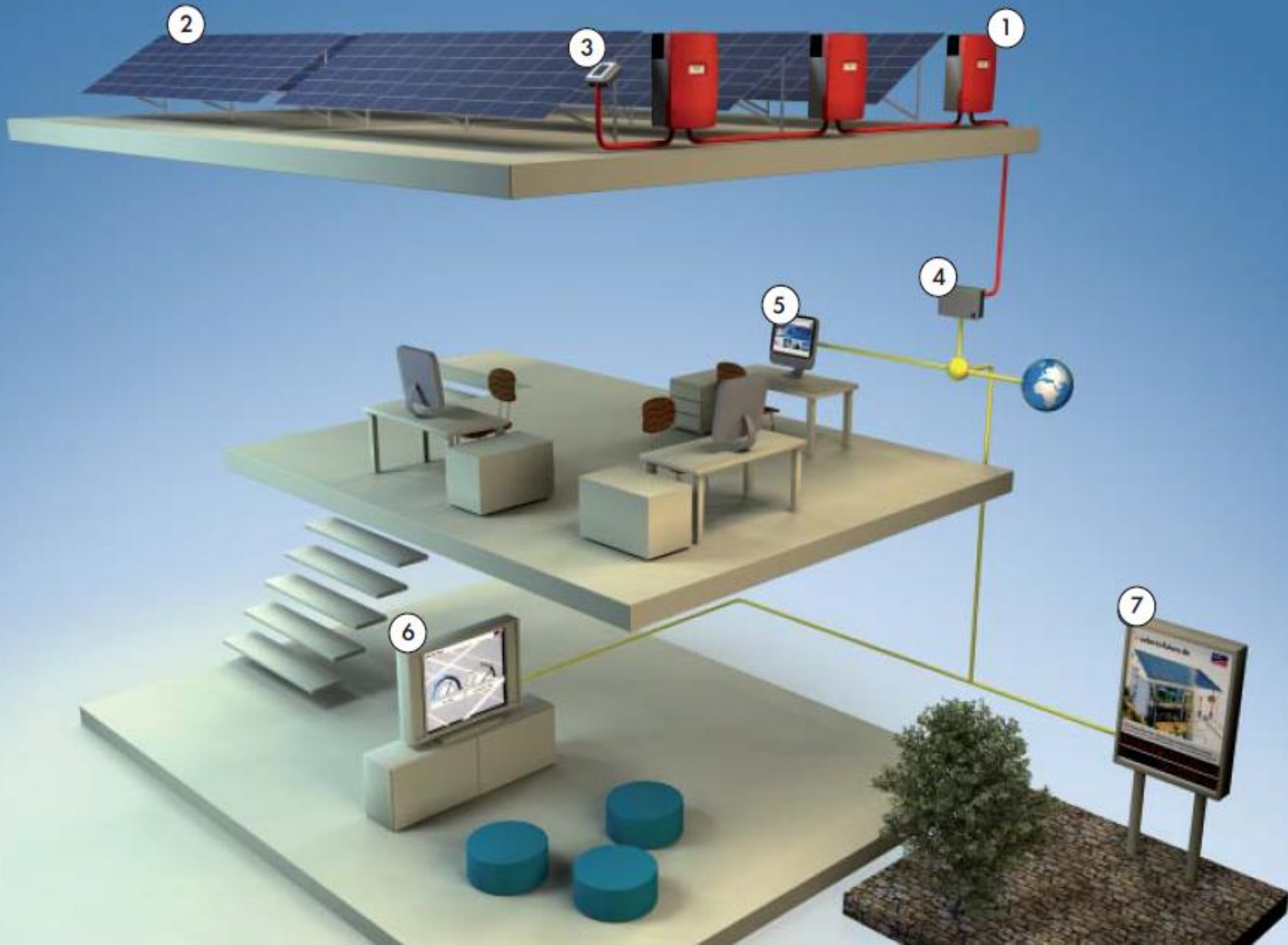
Fig. 12. Curva  $i$ - $V$  de un panel fotovoltaico.

# SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMESTICOS CONECTADOS A LA RED

# SISTEMA CONECTADO A LA RED





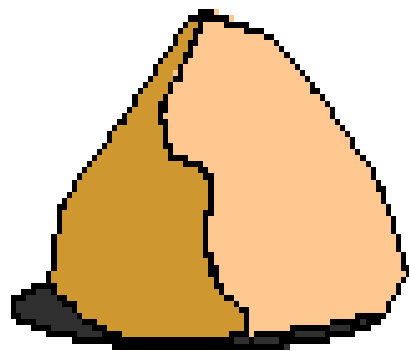


# COMPONENTES TIPIICOS:

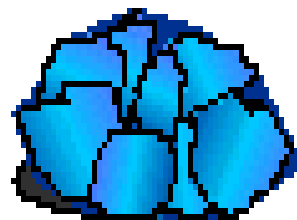
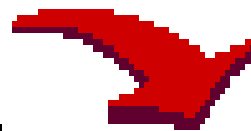
- MODULOS FOTOVOLTAICOS
- ESTRUCTURA DE SOPORTE DE PANEL
- INVERSOR
- TABLERO DE AC
- CABLEADO Y CONEXIONES
- SISTEMA DE MONITORIZACION

# EL MODULO FOTOVOLTAICO

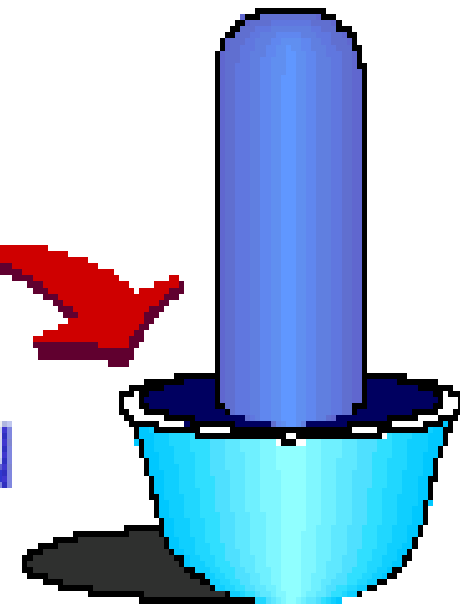
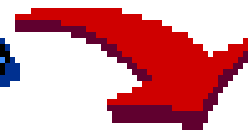
- Mono cristalino
- Poli cristalino
- Amorfo (a-Si) - (Cd-Te) o Thin Film



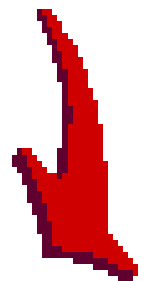
ARENA



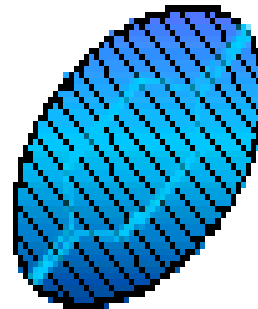
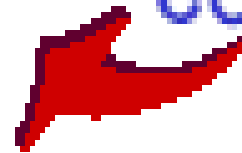
PURIFICACIÓN



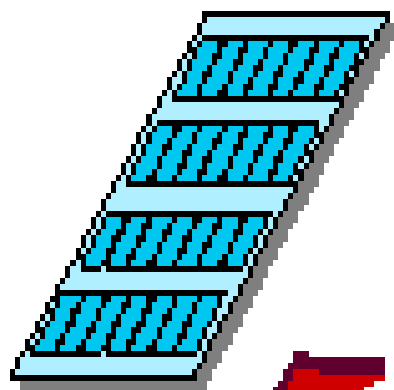
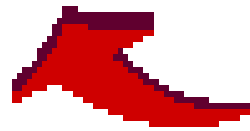
CRECIMIENTO



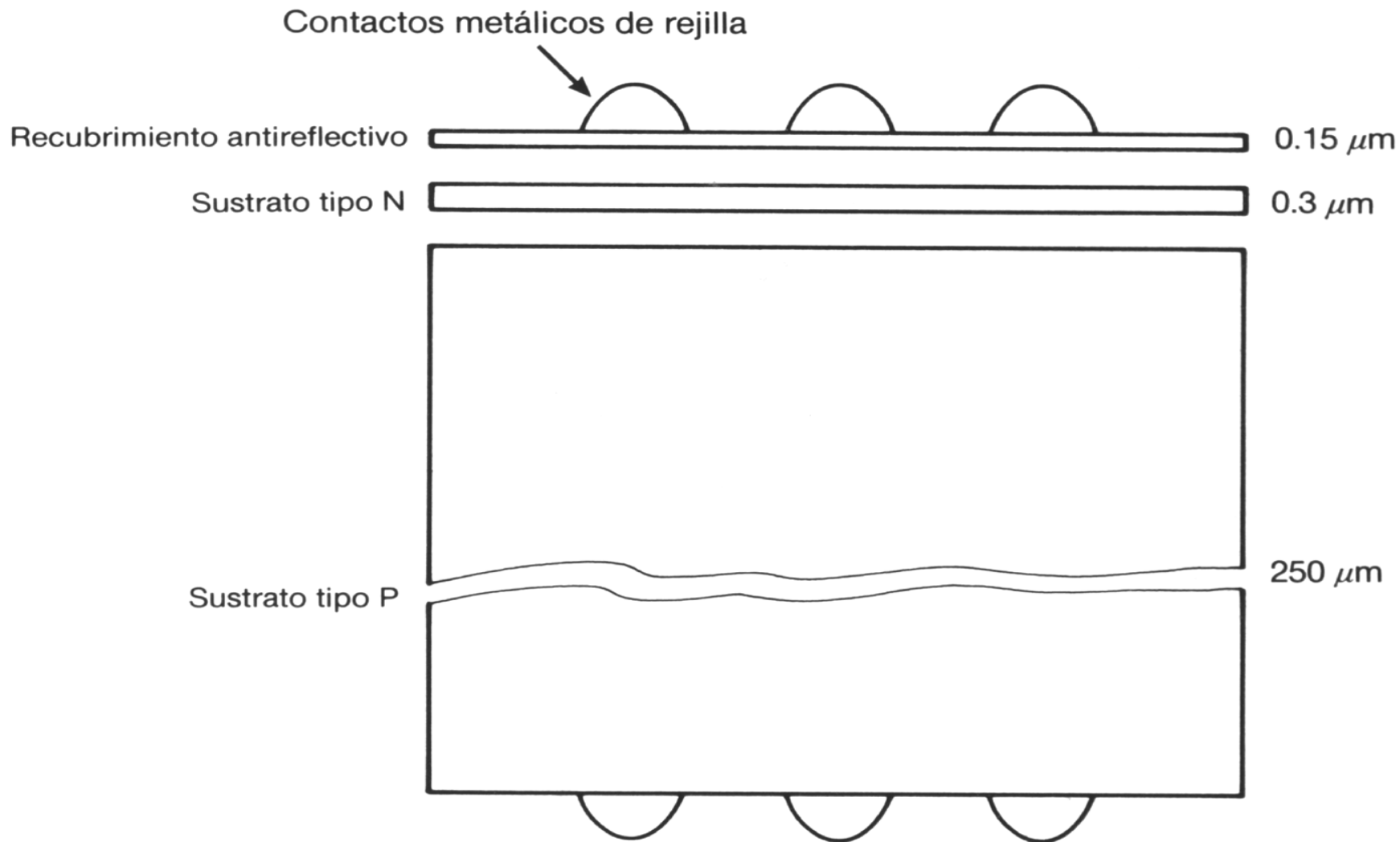
CORTE



CÉLULA



MÓDULO



*Fig. 11. Perfil de una clásica célula fotovoltaica.*

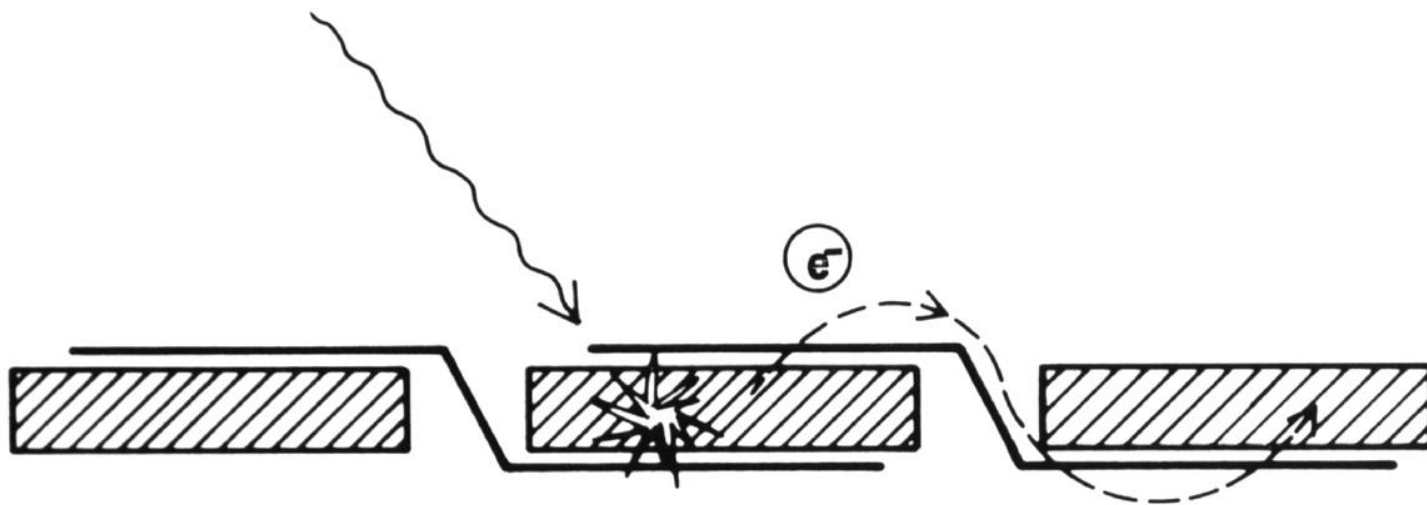
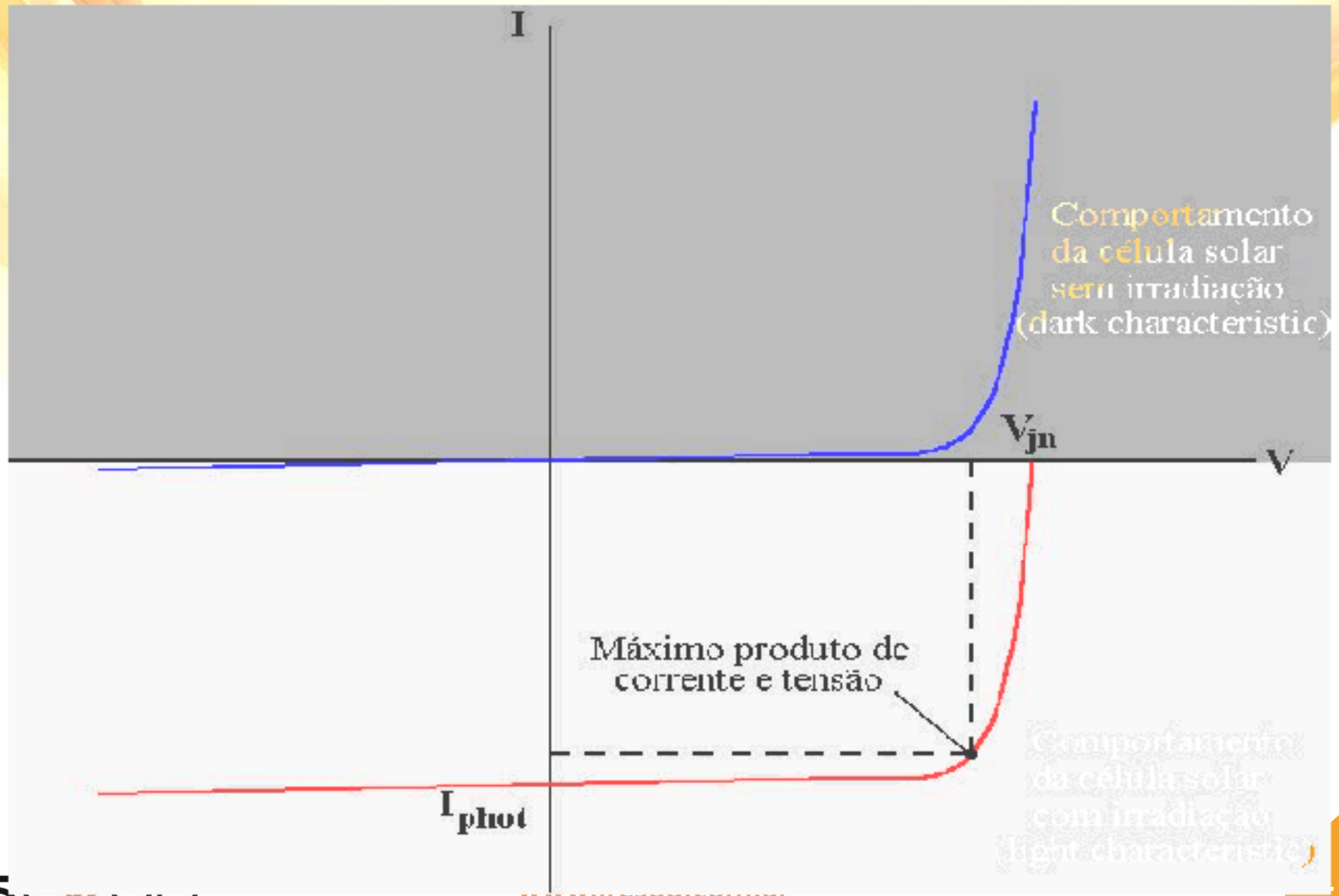
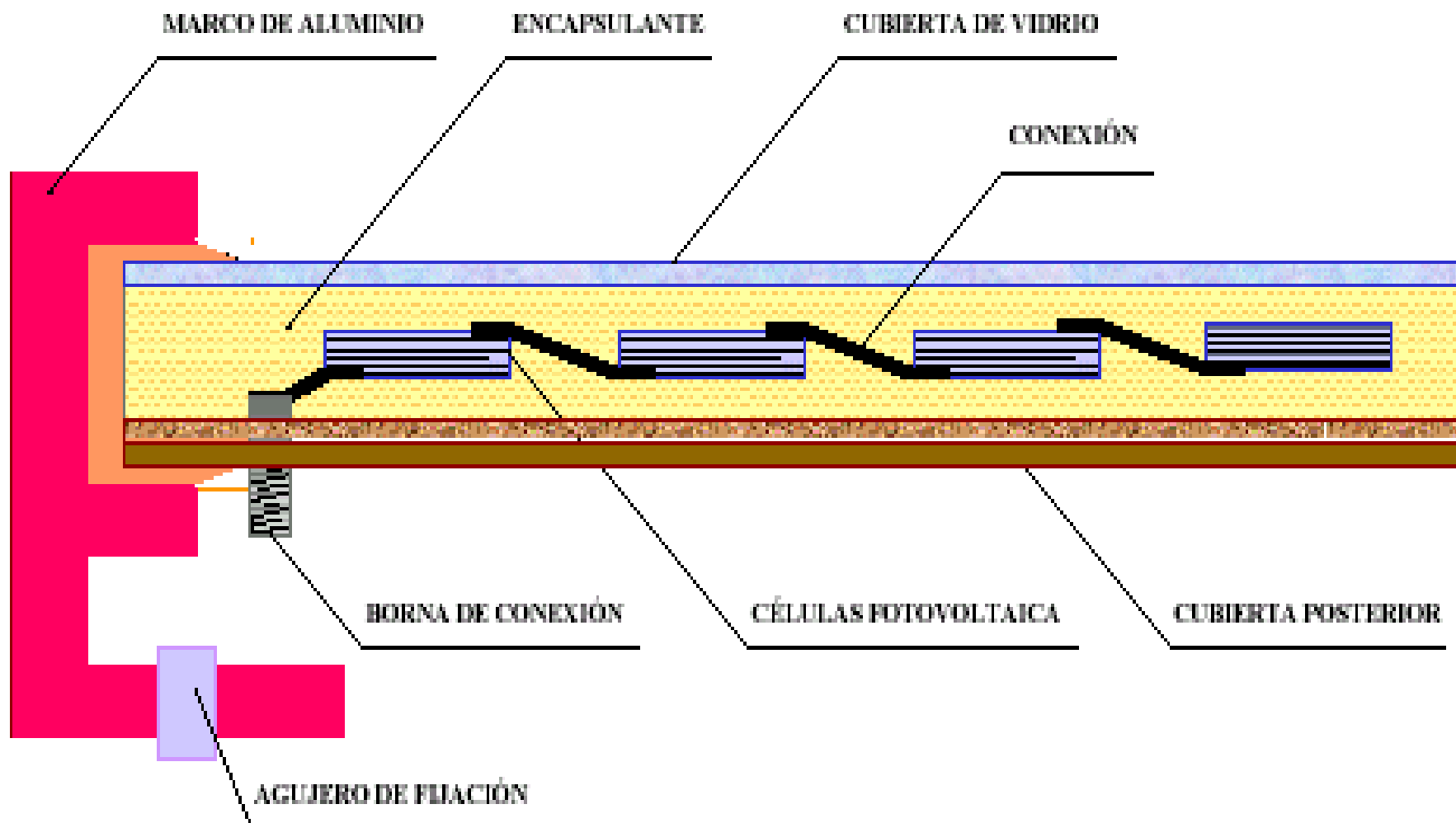


Fig. 2. Esquema de la unión de las células en un módulo.



# Efeito fotovoltaico





# ESPECIFICACIONES TÍPICAS DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO

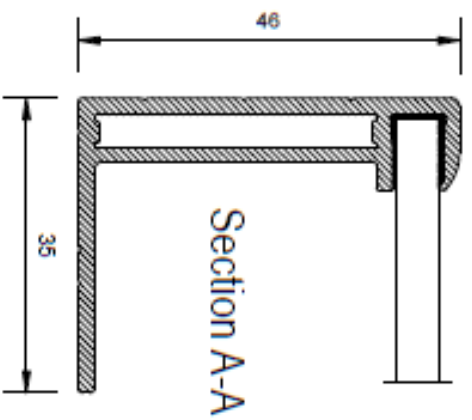
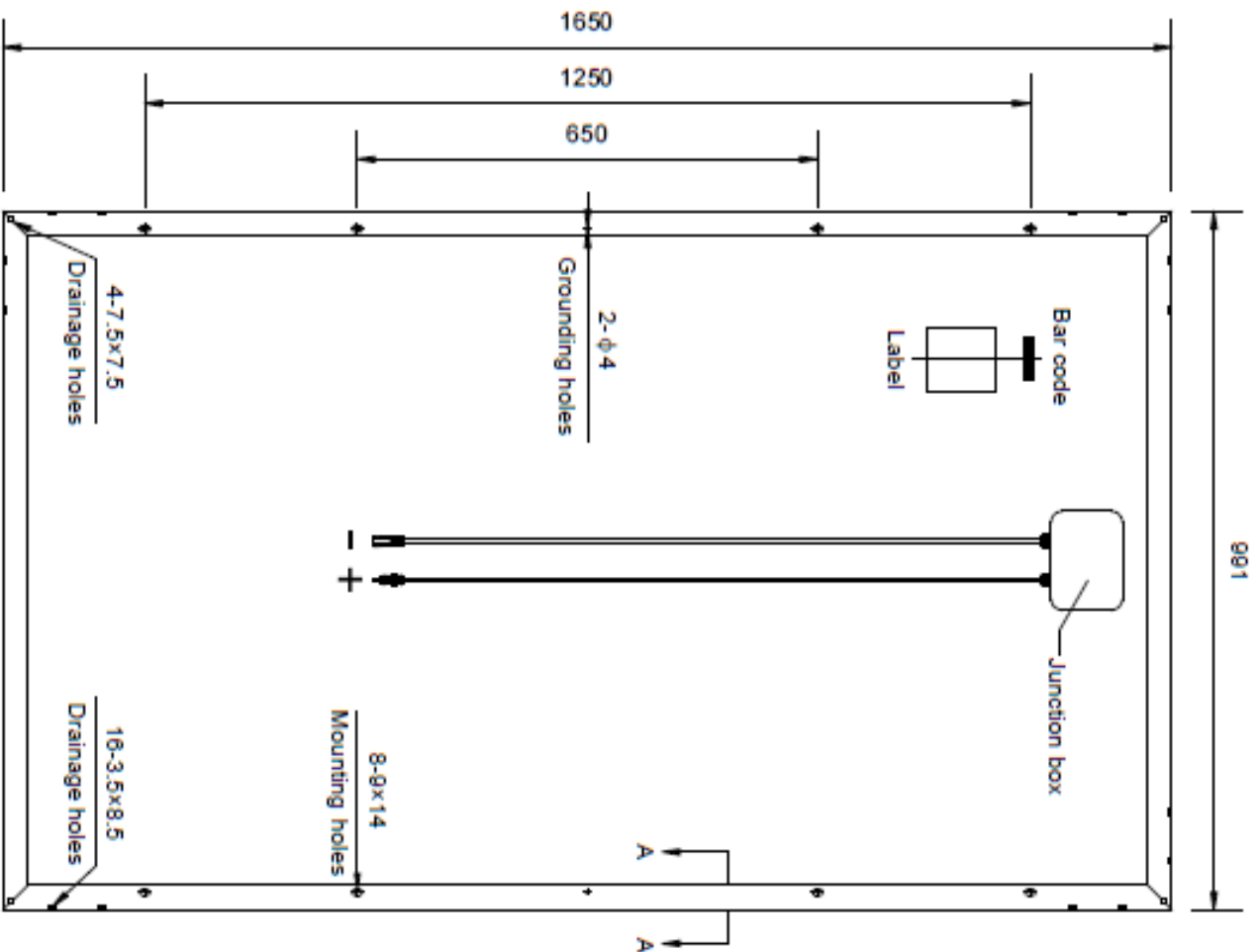
## Electrical Characteristics

Electrical parameters at STC						
Nominal Power ( $P_{max}$ )	230W	235W	240W	245W	250W	255W
Open Circuit Voltage ( $V_{OC}$ )	37.2V	37.3V	37.5V	37.7V	37.9V	38.0V
Short Circuit Current ( $I_{SC}$ )	8.31A	8.40A	8.48A	8.56A	8.64A	8.72A
Voltage at Nominal Power ( $V_{mp}$ )	29.3V	29.5V	29.7V	29.9V	30.1V	30.3V
Current at Nominal Power ( $I_{mp}$ )	7.85A	7.97A	8.08A	8.20A	8.31A	8.42A
Module Efficiency (%)	14.07	14.37	14.68	14.98	15.29	15.59

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, AM1.5



# Drawings



Section A-A

Unit: mm

## Mechanical Characteristics

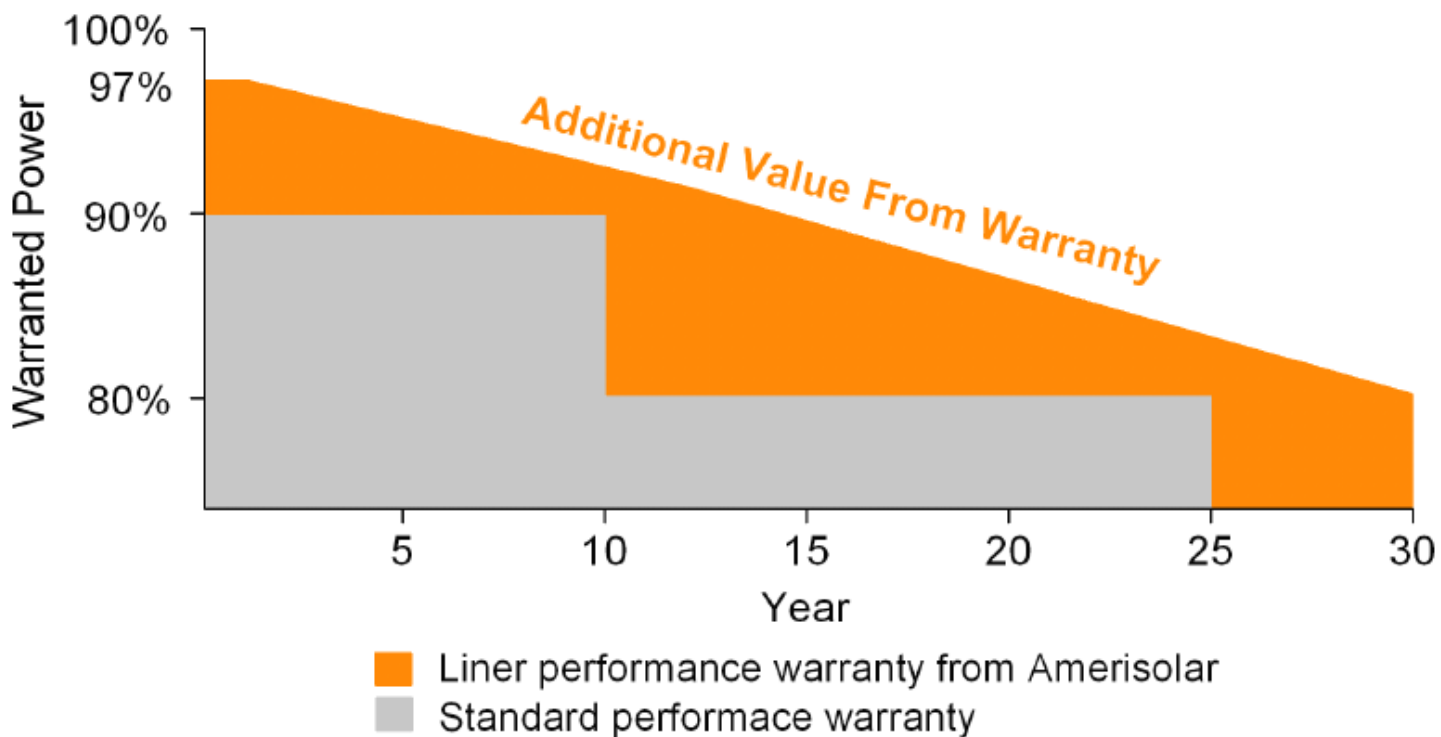
Cell type	Polycrystalline 156x156mm
Number of cells	60 (6x10)
Module dimension	1650x991x46mm
Weight	19.5kg
Front cover	3.2mm low-iron tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67, 6 diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> , 900mm
Connector	MC4 or MC4 compatible
Standard packaging	21pcs/pallet
Module quantity per container	546pcs/40'HQ

## Temperature Characteristics

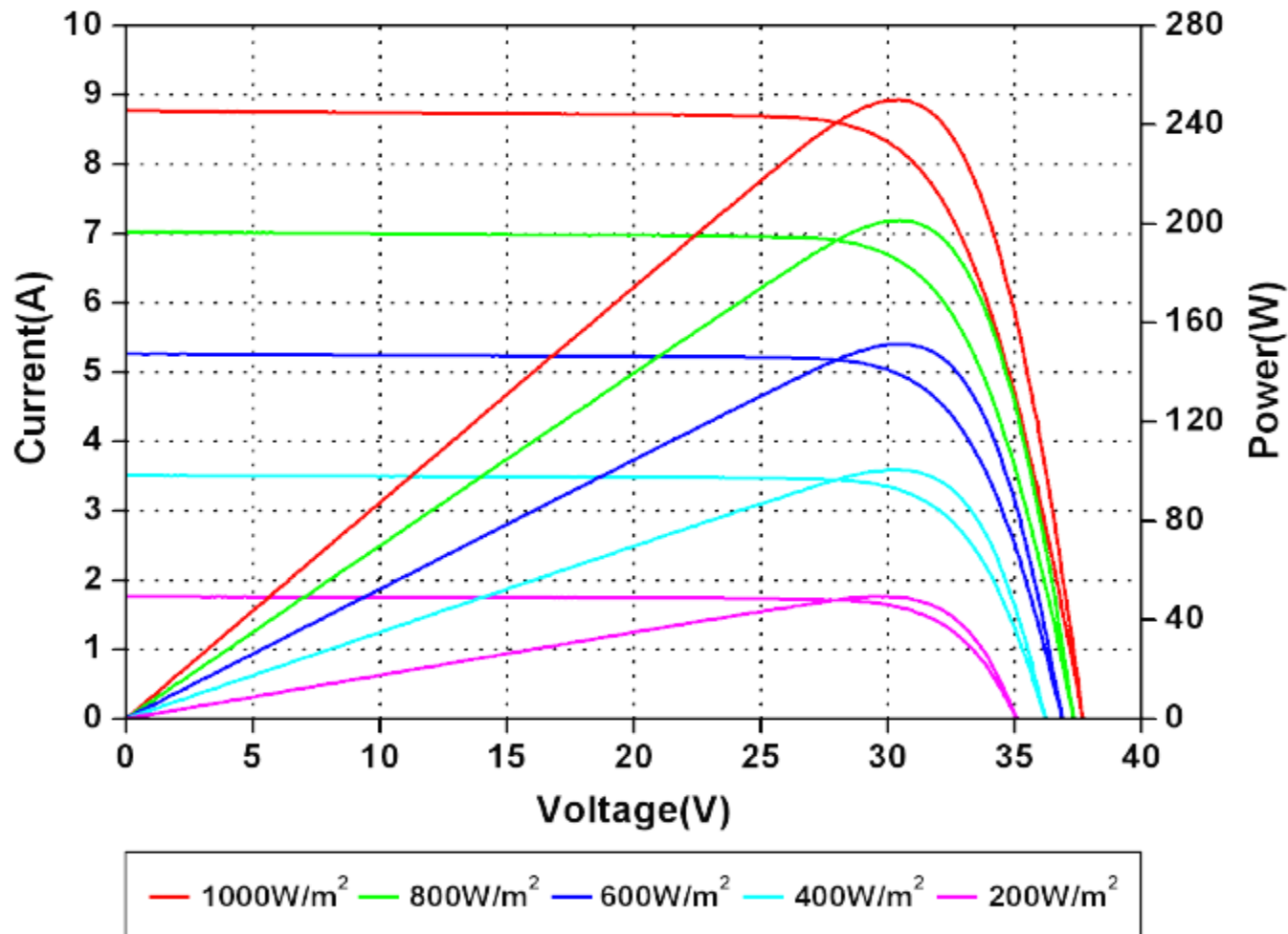
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficients of $P_{max}$	-0.43%/°C
Temperature Coefficients of $V_{oc}$	-0.33%/°C
Temperature Coefficients of $I_{sc}$	0.056%/°C

## Special Warranties

- 12 year limited product warranty.
- Limited power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.

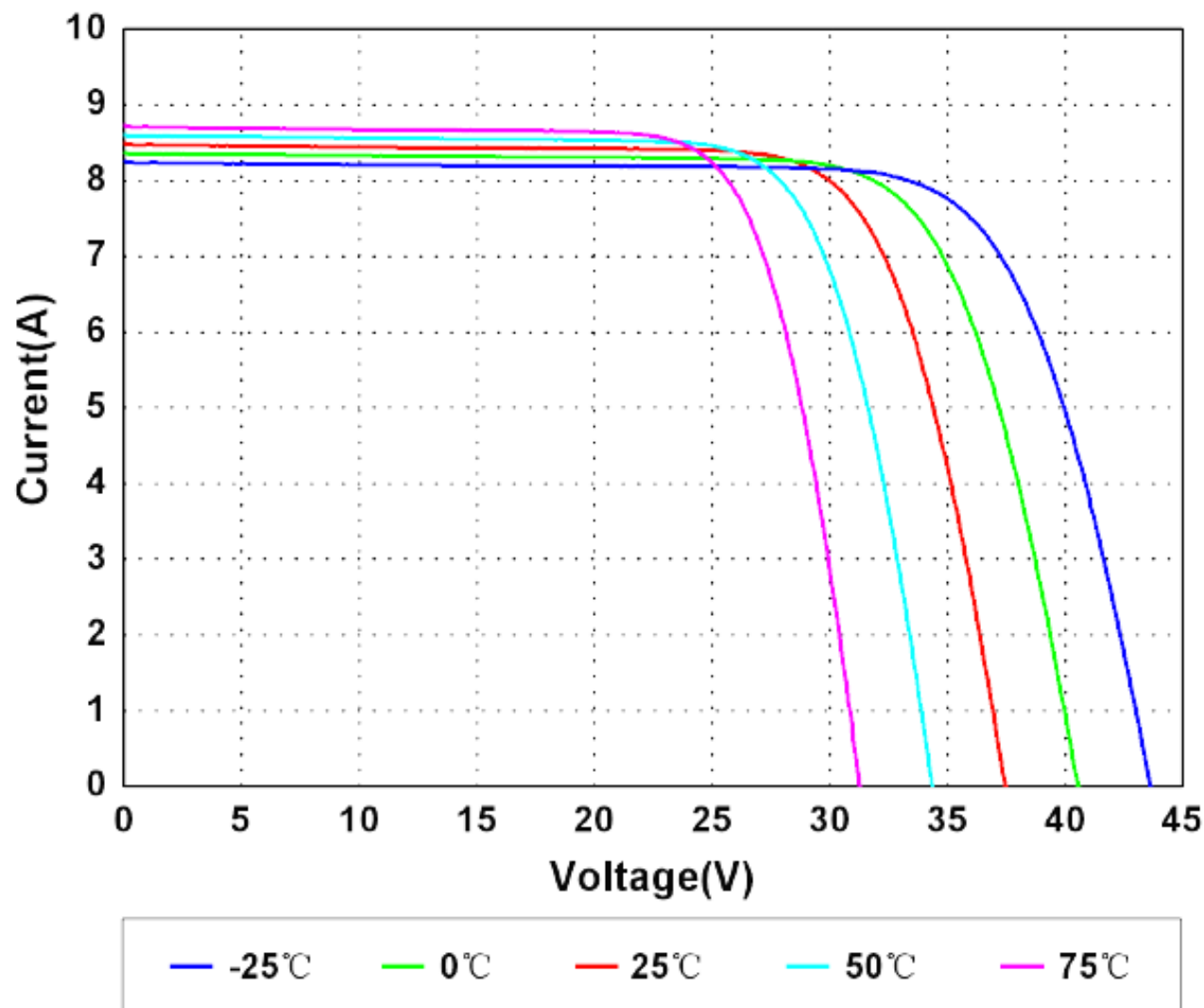


# I-V Curves



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at  
Different Irradiances





Current-Voltage Curves at Different  
Temperatures

# ¿Qué es un inversor?

Equipo Electrónico que toma  
Corriente Continua (CC)  
y la convierte en  
Corriente Alterna (CA)

Entra CC



Paneles Solares



Salida CA



Red

# Datos Técnicos de Inversores

Datos técnicos	Sunny Tripower 5000TL
<b>Entrada (CC)</b>	
Potencia máx. de CC ( $\cos \phi = 1$ )	5100 W
Tensión de entrada máx.	1000 V
Rango de tensión MPP / tensión asignada de entrada	245 V - 800 V / 580 V
Tensión de entrada mín. / de inicio	150 V / 188 V
Corriente máx. de entrada (entrada A / B)	11 A / 10 A
Corriente máx. de entrada por string (entrada A / B)	11 A / 10 A
Número de entradas independientes / strings por entrada de punto de máxima potencia (MPP)	2 / A:2; B:2
<b>Salida (CA)</b>	
Potencia asignada (230 V, 50 Hz)	5000 W
Potencia aparente de CA máx.	5000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Rango de tensión nominal de CA	160 V - 280 V
Frecuencia de red de CA / rango	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz
Frecuencia / tensión asignadas de red	50 Hz / 230 V
Corriente de salida máx.	7,3 A
Factor de potencia a potencia asignada	1
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo ... 0,8 capacitivo
Fases de inyección / conexión	3 / 3
<b>Rendimiento</b>	
Rendimiento máx. / europeo	98% / 97,1%

## Dispositivos de protección

Punto de desconexión en el lado de entrada

●

Monitorización de toma a tierra / de red

● / ●

Protección contra polarización inversa de CC) / resistencia al cortocircuito de CA / con separación galvánica

● / ● / –

Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal

●

Clase de protección (según IEC 62103) / categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)

I / III

## Datos generales

Dimensiones (ancho / alto / fondo)

470 / 730 / 240 mm  
(18,5 / 28,7 / 9,5 in)

Peso

37 kg (81,6 lb)

Rango de temperatura de servicio

–25 °C...+60 °C (–13 °F...+140 °F)

Emisiones de ruido (típicas)

40 dB(A)

Autoconsumo (nocturno)

1 W

Topología / sistema de refrigeración

Sin transformador / OptiCool

Tipo de protección (según IEC 60529)

IP65

Clase climática (según IEC 60721-3-4)

4K4H

Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)

100%

## Características

Conexión de CC / CA

SUNCLIX / Borne de conexión por resorte

Pantalla

Gráfico

Interfaz: RS485, Bluetooth, Speedwire/Webconnect

○ / ● / ●

Relé multifunción / Power Control Module

● / ○

Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 años

● / ○ / ○ / ○ / ○

Certificados y autorizaciones (otros a petición)

AS 4777, C10/11, CE, CEI 0-21 (>6  
IEC 61727, MEA<sup>2</sup>, NEN EN 50438, N  
RD 661/2007, SI 4777, UTE C15-7

Modelo comercial

STP 5000TL-20



# COMO DISEÑAMOS EL SISTEMA ?

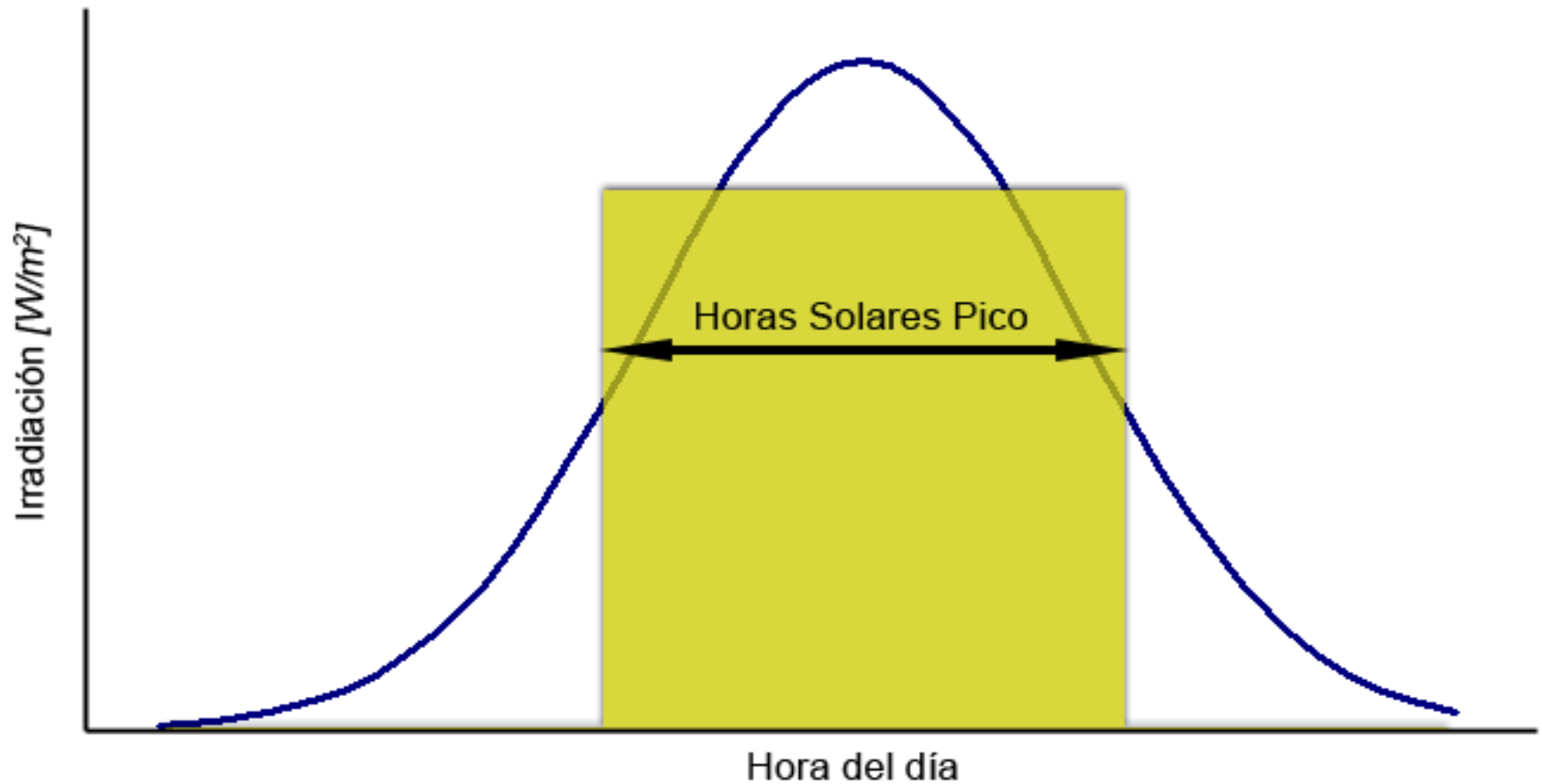
## DATOS DE CALCULO

- Ubicación del Sistema (Horas de sol pico del sitio)
- Potencia del Sistema a Instalar
- Especificación del inversor
- Caídas de Tensión (perdidas) permitidas
- Orientación e Inclinación Respecto a la horizontal posibles

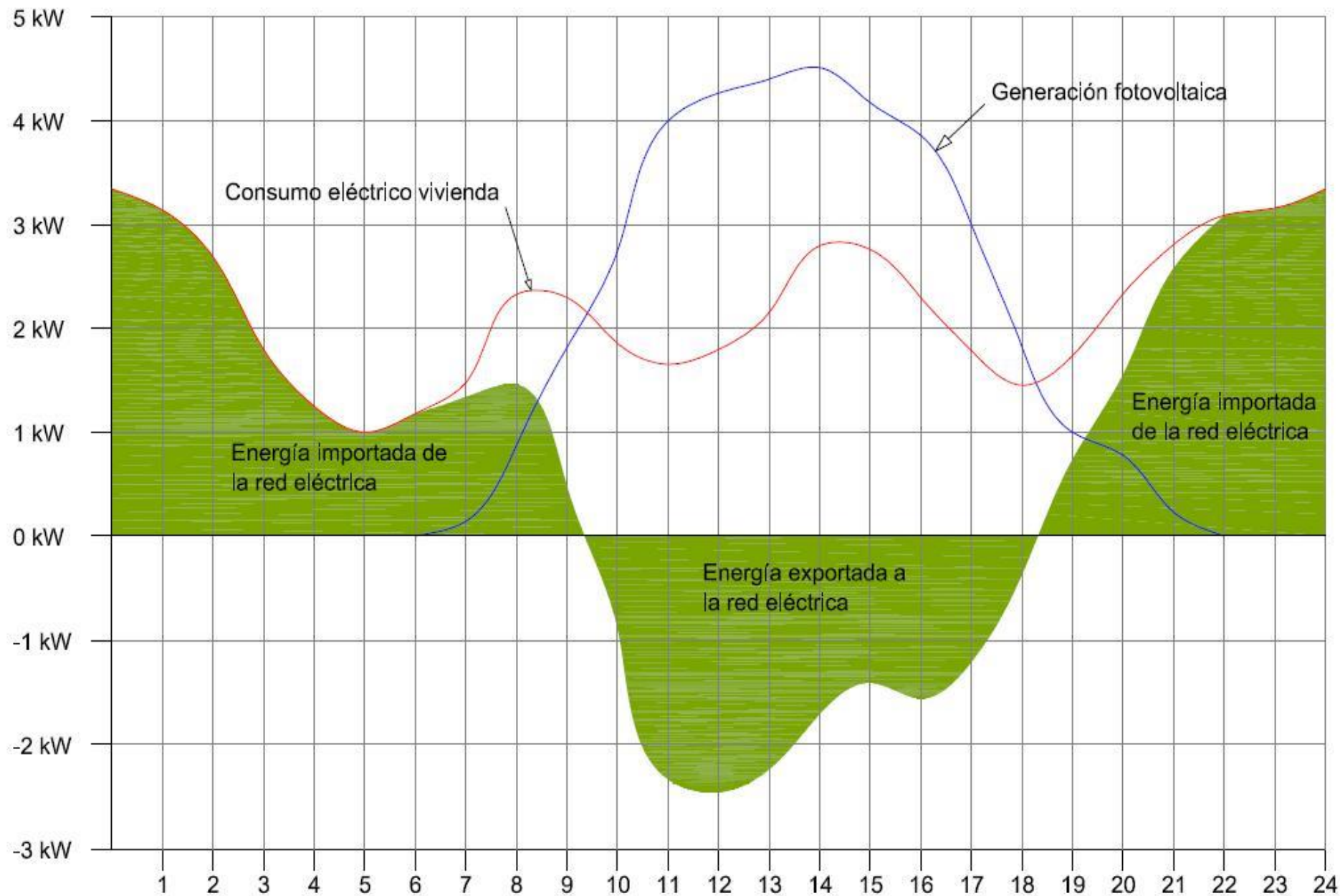
## RESULTADOS

- Costo del Sistema
- Estimación de la Energía Generada
- Costo de la Energía generada
- Periodo de Retorno de la Inversión

# Horas de Sol Pico del Sitio



# CURVA TIPICA DIARIA





**Nombre del proyecto:**

**FAUD**

**Emplazamiento: Argentina / Cordoba**

**Número del proyecto:**

---

Tensión de red: 3~220 V

## Sinopsis del sistema

**22 x Worldwide Energy and Manufacturing USA Inc. (Amerisolar) AS-6M30-235 (02/2012) (Generador FV 1)**  
 Acimut: 180°, Inclinación: 21°, Tipo de montaje: Techo, Potencia pico: 5,17 kWp



**1 x STP 5000TL-20**

## Monitorización de la instalación



**Sunny Portal**



**Sunny View**



**Sunny SensorBox con Bluetooth® Power Injector**

## Datos técnicos

Cantidad total de módulos:	22	Rendimiento energético anual (aproximado)*:	8.177,00 kWh
Potencia pico:	5,17 kWp	Factor de aprovecham. de energía:	100 %
Número de inversores:	1	Coeficiente de rendimiento (aproximado)*:	84,8 %
Potencia nominal de CA:	5,00 kW	Rendimiento energético especial (aproximado)*:	1582 kWh/kWp
Potencia activa de CA:	5,00 kW	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Relación de la potencia activa:	96,7 %	Carga desequilibrada:	0,00 VA

## 1 x STP 5000TL-20

Potencia pico:	5,17 kWp
Cantidad total de módulos:	22
Número de inversores:	1
Potencia de CC (cos $\varphi$ = 1) máx.:	5,10 kW
Potencia efectiva máx. de CA (cos $\varphi$ = 1)	5,00 kW
Tensión de red:	220 V
Ratio de potencia nominal:	99 %
Factor de desfase cos $\varphi$ :	1



STP 5000TL-20

## Datos técnicos

### Entrada A: Generador FV 1

22 x Worldwide Energy and Manufacturing USA Inc. (Amerisolar) AS-6M30-235 (02/2012), Acimut: 180°, Inclinación: 21°, Tipo de montaje: Techo

	Entrada A:		Entrada B:	
Número de Strings:	1			
Módulos fotovoltaicos por string:	22			
Potencia pico (de entrada):	5,17 kWp		---	
Tensión FV normal:	602 V		---	
Tensión mín.:	556 V		---	
Tensión de CC mín. (Tensión de red 220 V):	150 V		150 V	
Máx. tensión:	887 V		---	
Tensión de CC: máx.	1000 V		1000 V	
Corriente máx. del generador:	7,8 A		---	
Corriente de CC máx.:	11,0 A		10,0 A	

# Información sobre el módulo

Se han tomado los datos de la ficha de datos del fabricante. Ninguno de estos datos está garantizado.

**Fabricante** Worldwide Energy and Manufacturing USA  
Inc. (Amerisolar)

**Módulo FV** AS-6M30-235 (02/2012)

## Características eléctricas

Potencia nominal	235,00 Wp
Tolerancia de la potencia	3,00 %
Tensión MPP	30,30 V
Corriente MPP	7,76 A
Tensión en vacío	37,00 V
Corriente de cortocircuito	8,42 A
Tensión del sistema admisible	1000 V
Rendimiento del módulo (Condiciones Normales de Ensayo: CNE)	14,23 %
Toma a tierra recomendada	Sin toma a tierra

## Características mecánicas

Número de células del módulo	60
Ancho	1000 mm
Longitud	1652 mm
Peso	22,00 kg

## Tecnología de las células

mono

## Coeficientes de la temperatura

Tensión MPP	---	---
Tensión en vacío	-0,3300 %/°C	-122,1 mV/°C
Corriente de cortocircuito	0,0560 %/°C	4,72 mA/°C

## Degradación causada por el envejecimiento

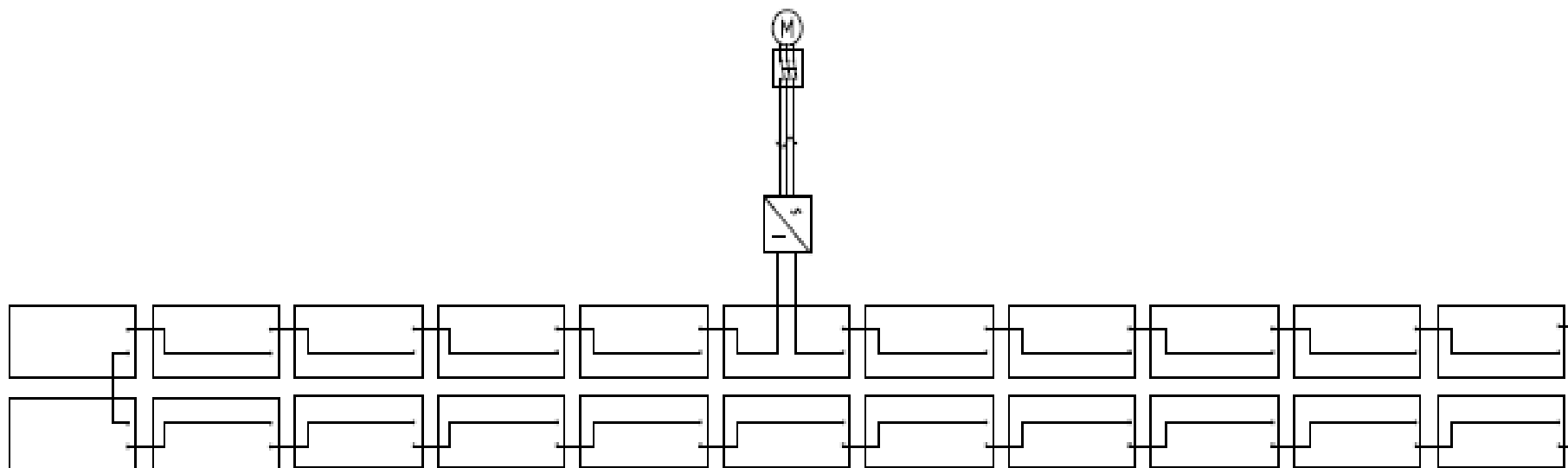
Tolerancia de tensión en vacío	---
Tolerancia de tensión MPP	---
Tolerancia de corriente MPP	---
Tolerancia de corriente de cortocircuito	---

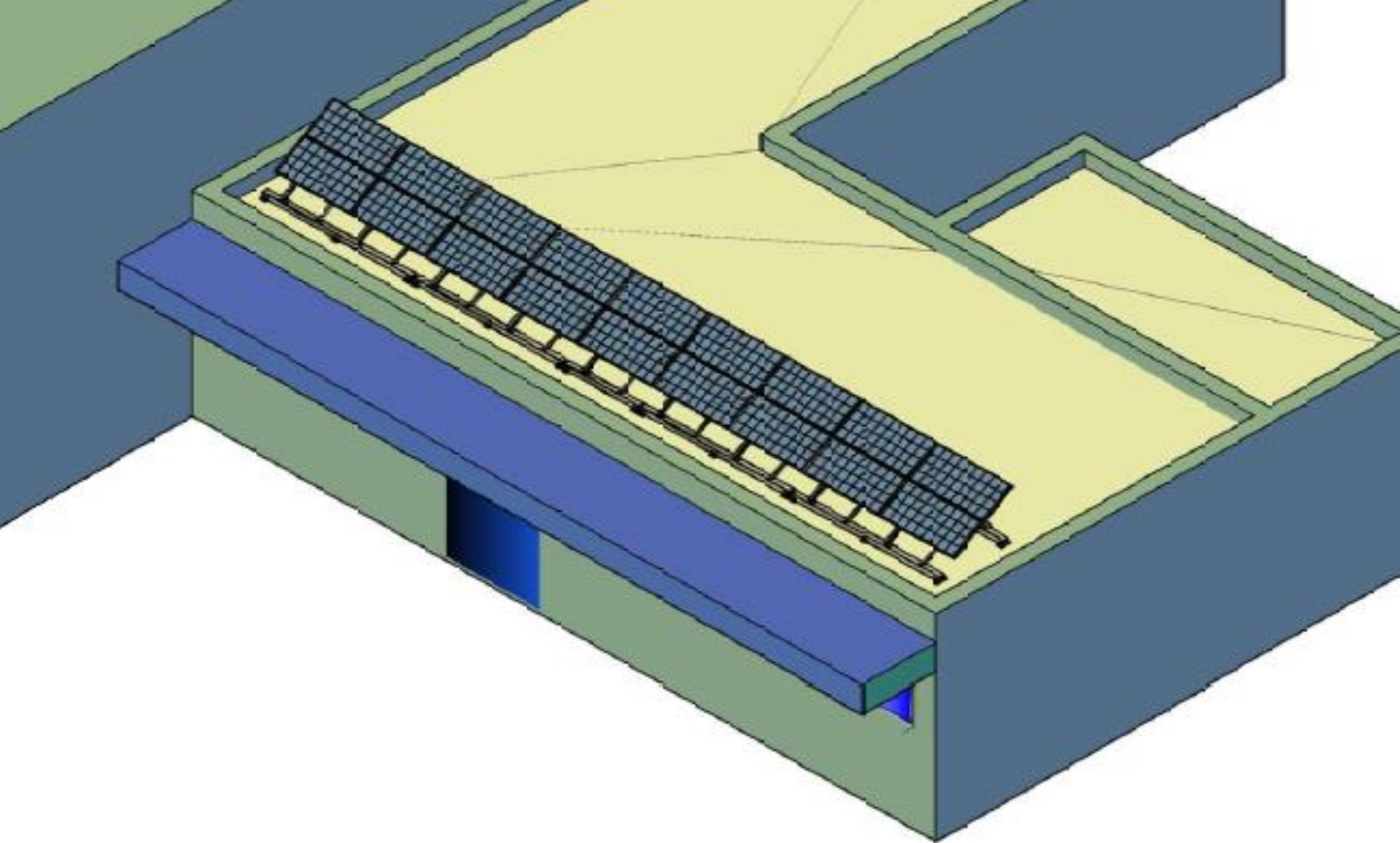
## Información adicional

Módulo actual	No
Favorito	No
Módulo fotovoltaico propio	No

## Comentario

# DIAGRAMA ELECTRICO SIMPLIFICADO DEL SISTEMA



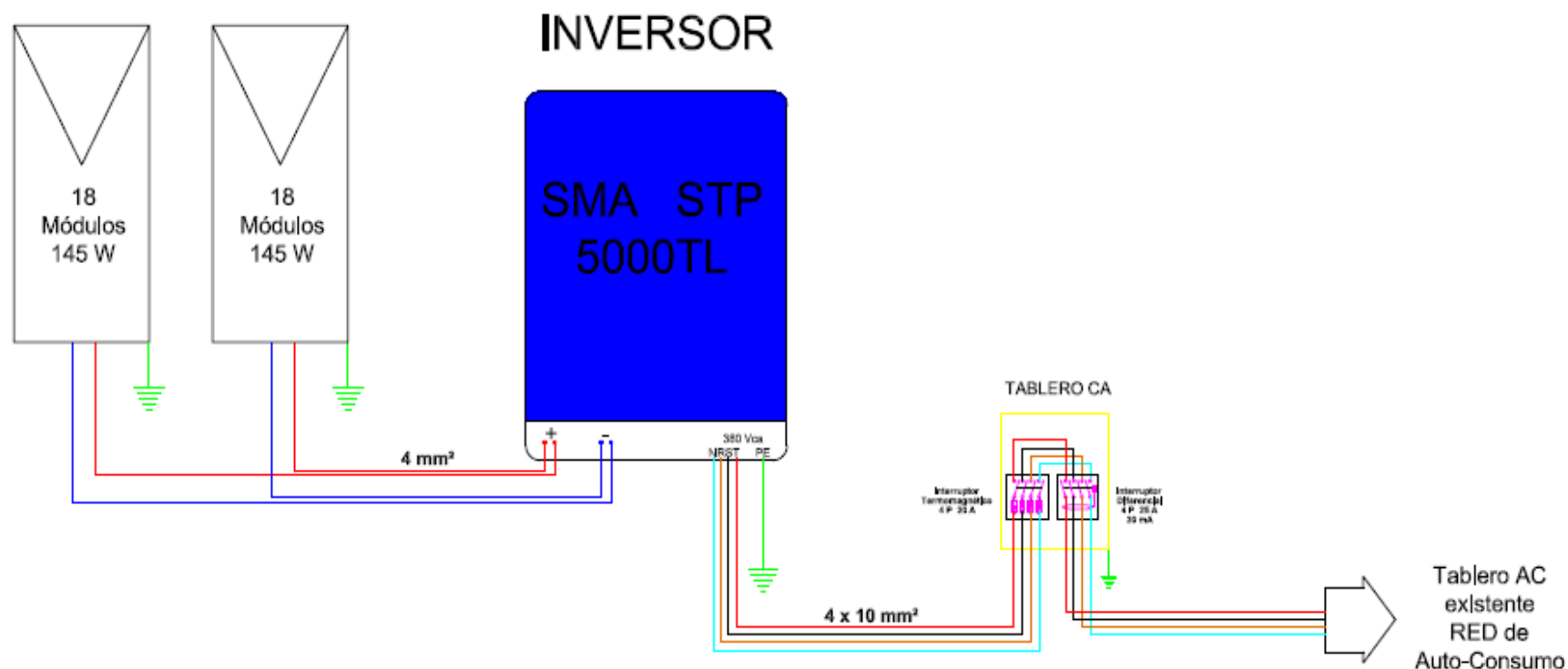






Unilever

PLANTA GUALEQUIZA



Diseño: DNS  
Revisado: JCB

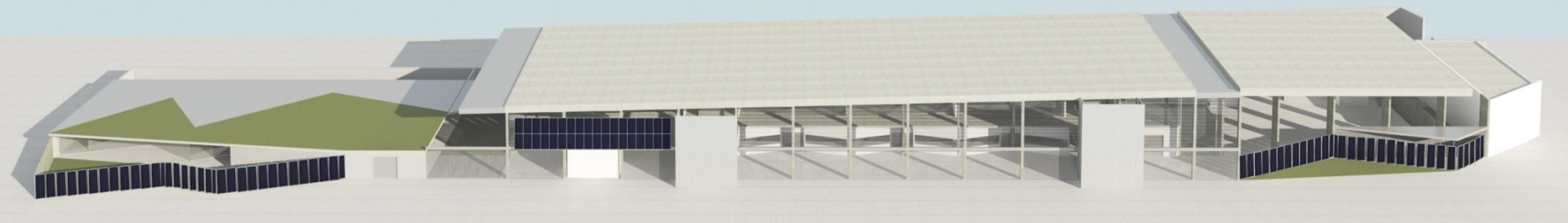
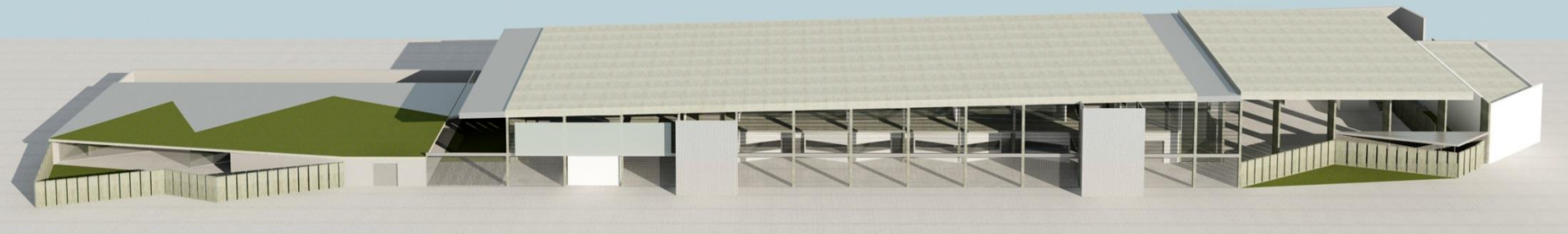
EMPLAZAMIENTO		COMEDOR UNIVERSITARIO	
PETICIONARIO		EMESA	FECHA: Abr - 2014
			EXPIRE: 012-31
NOMBRE DEL PLANO		ESCALA:	
		S/E	
		Nº PLANO:	
		U/03	

Sistema Fotovoltaico 5,22 Kw  
Diagrama de conexiones Eléctricas













06/08/2008



# “Energía Solar Fotovoltaica. Interconexión a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos ”



Juan Carlos Benvenuto  
[jcbenvenuto@aldar.com.ar](mailto:jcbenvenuto@aldar.com.ar)  
[www.aldar.com.ar](http://www.aldar.com.ar)

Septiembre 2014, Buenos Aires - Argentina