

***cenidet***

Centro Nacional de Investigación y  
Desarrollo Tecnológico

# **AVANCES EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

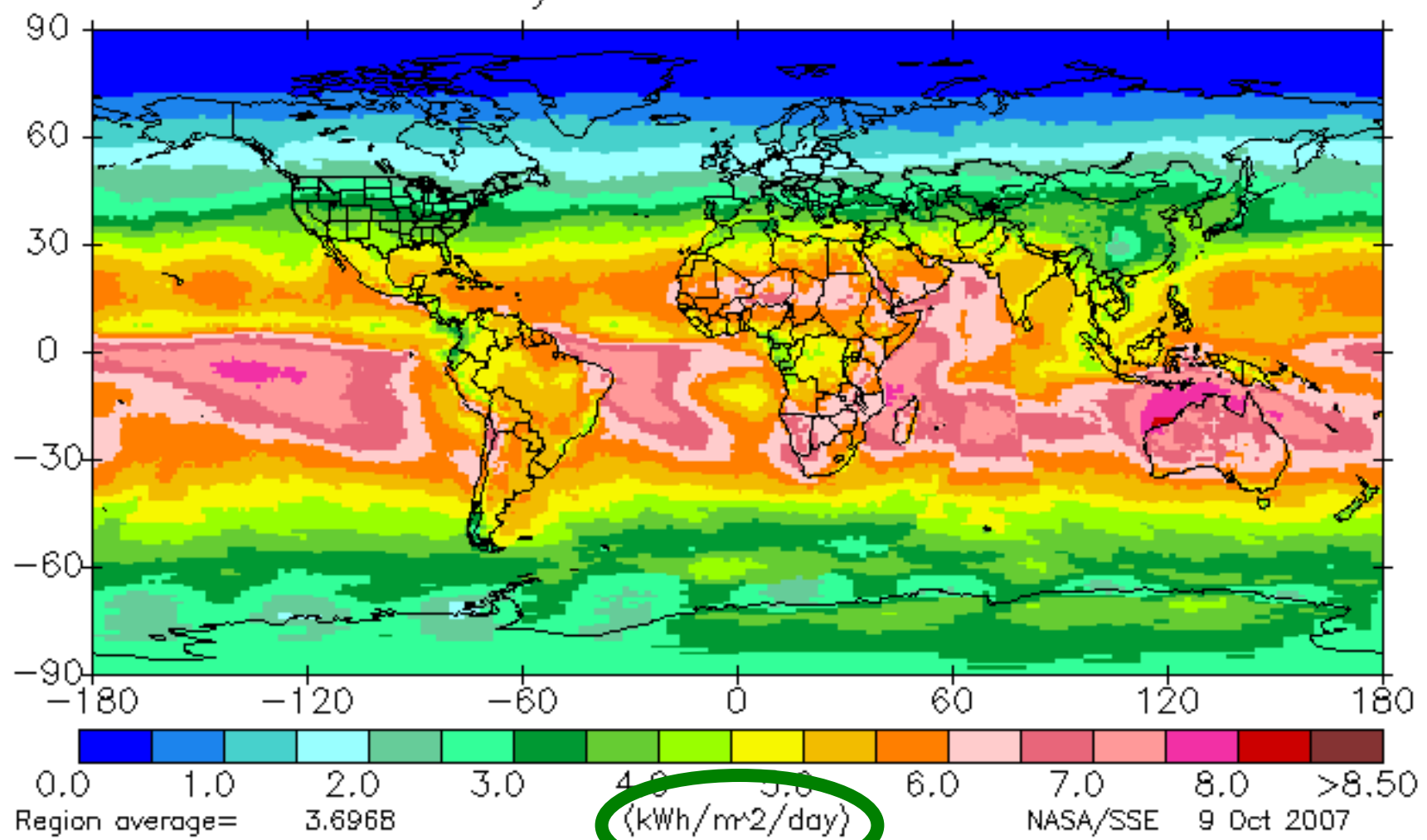
**Hugo Calleja**

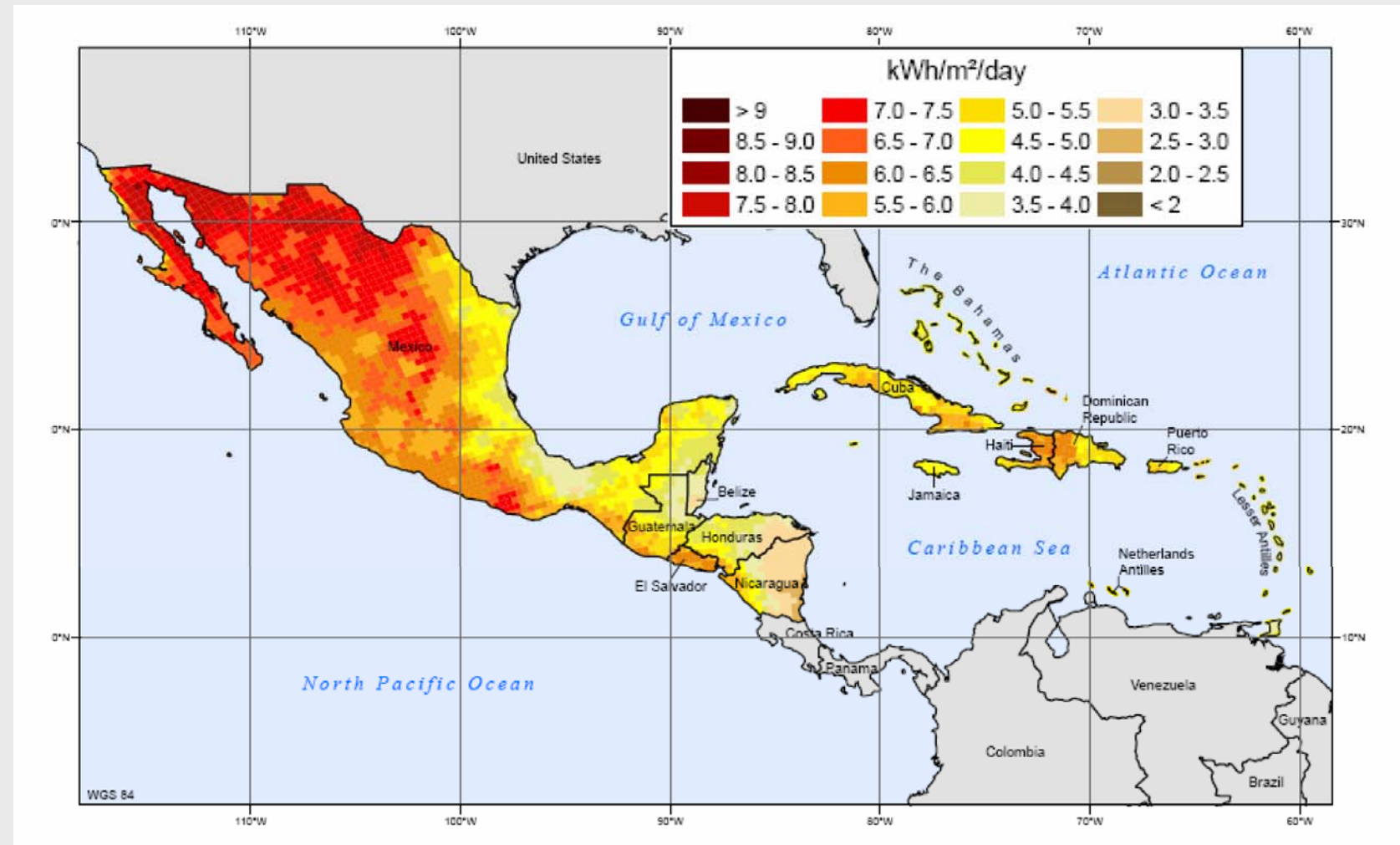
**2011** 1

# **Sistemas fotovoltaicos**

**generan energía eléctrica  
a partir de la luz solar**

October Insolation  
July 1983 – June 1993





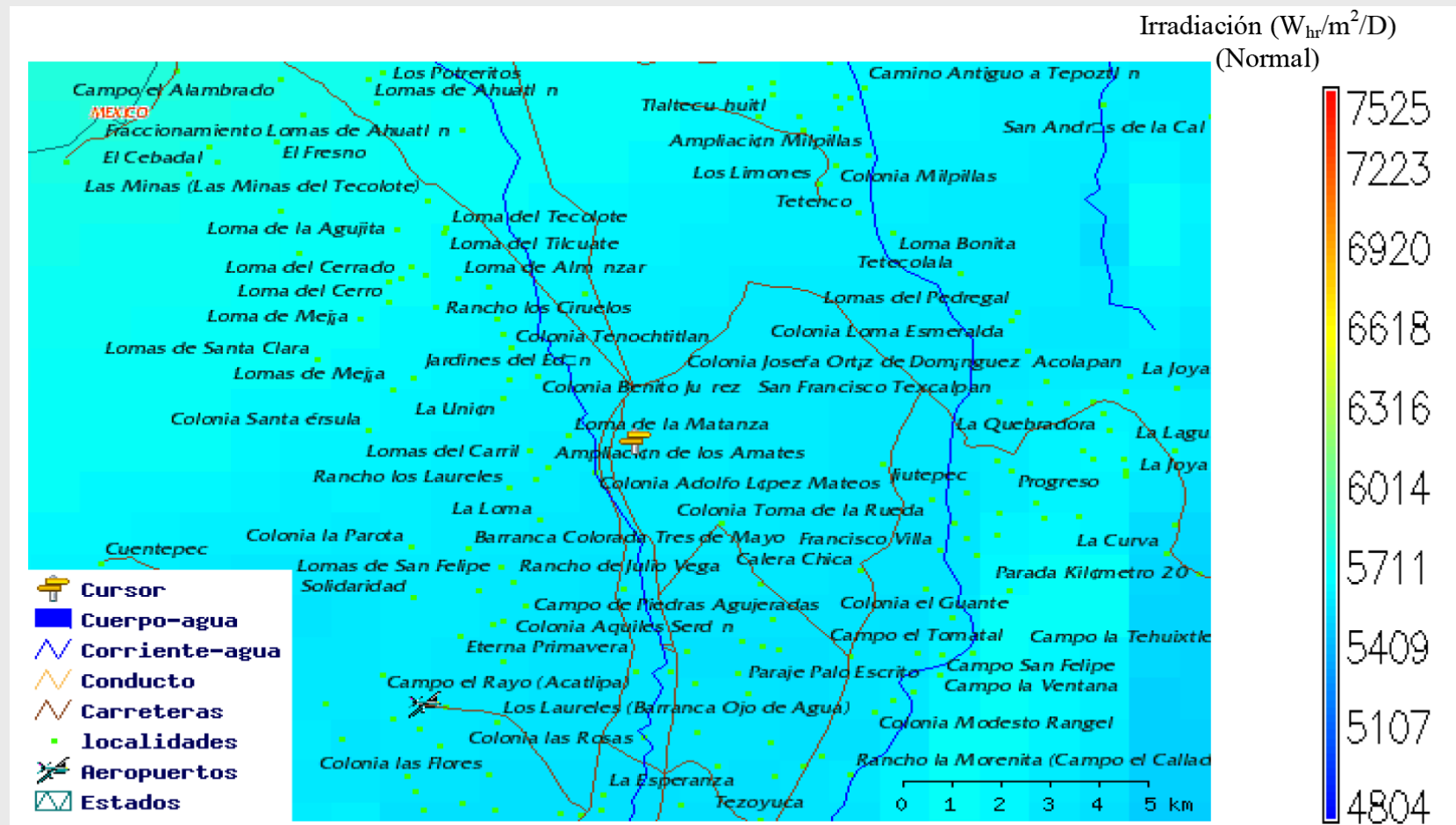


Figura A.1 Mapa de la irradiación solar normal en la zona del Cenidet



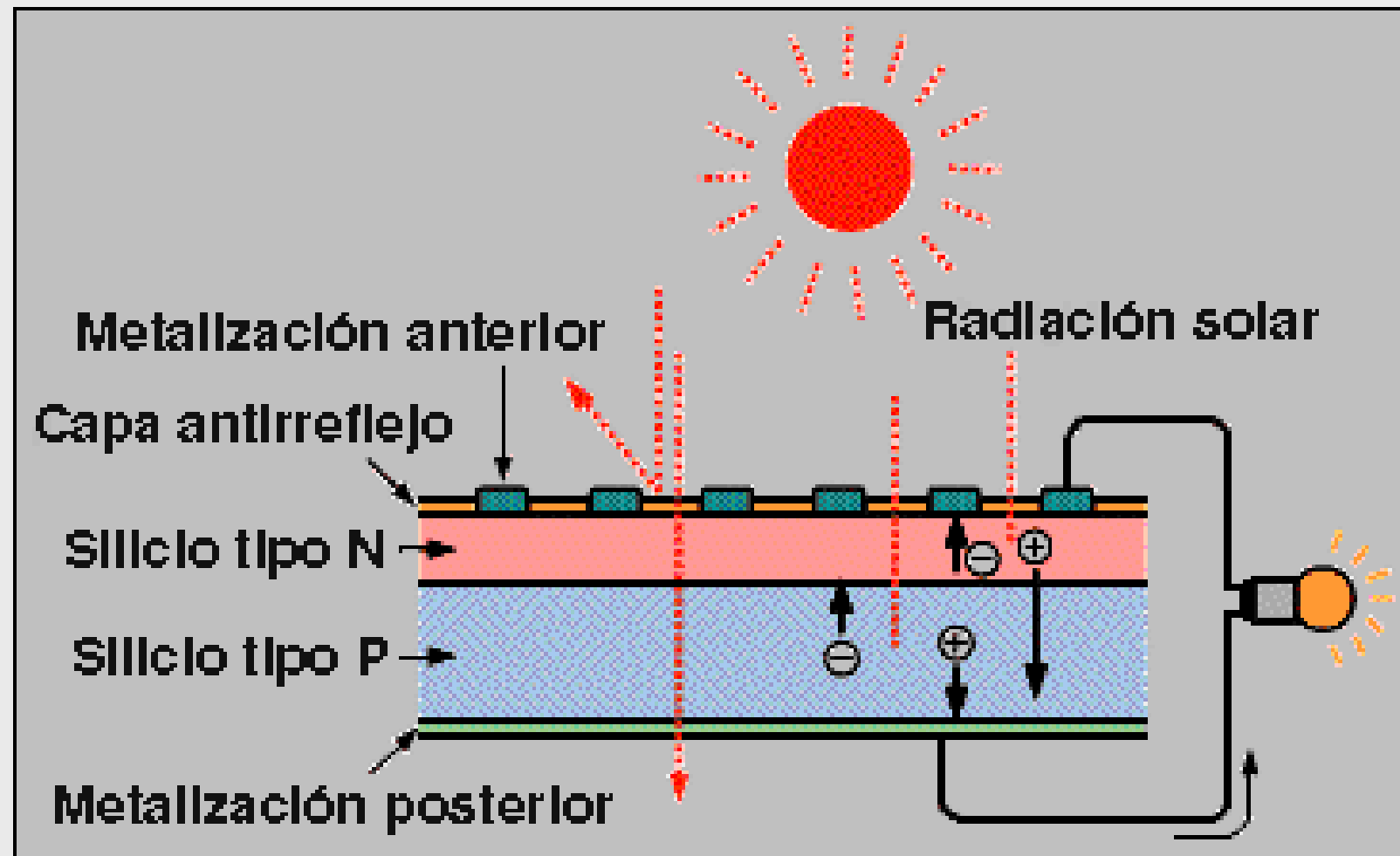
etc

**1 m<sup>2</sup>**

**¡66 focos de 75 Watts durante  
una hora!**



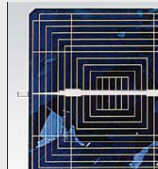
**1.2 kW x 2 horas = 2.4 kW-hora**  
**0.48 m<sup>2</sup>**



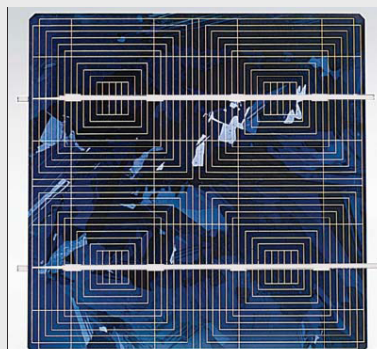
## Efecto fotoeléctrico

<http://saecsaenergiasolar.com/fotovoltaiico/introduccion/fotos/f1.gif>

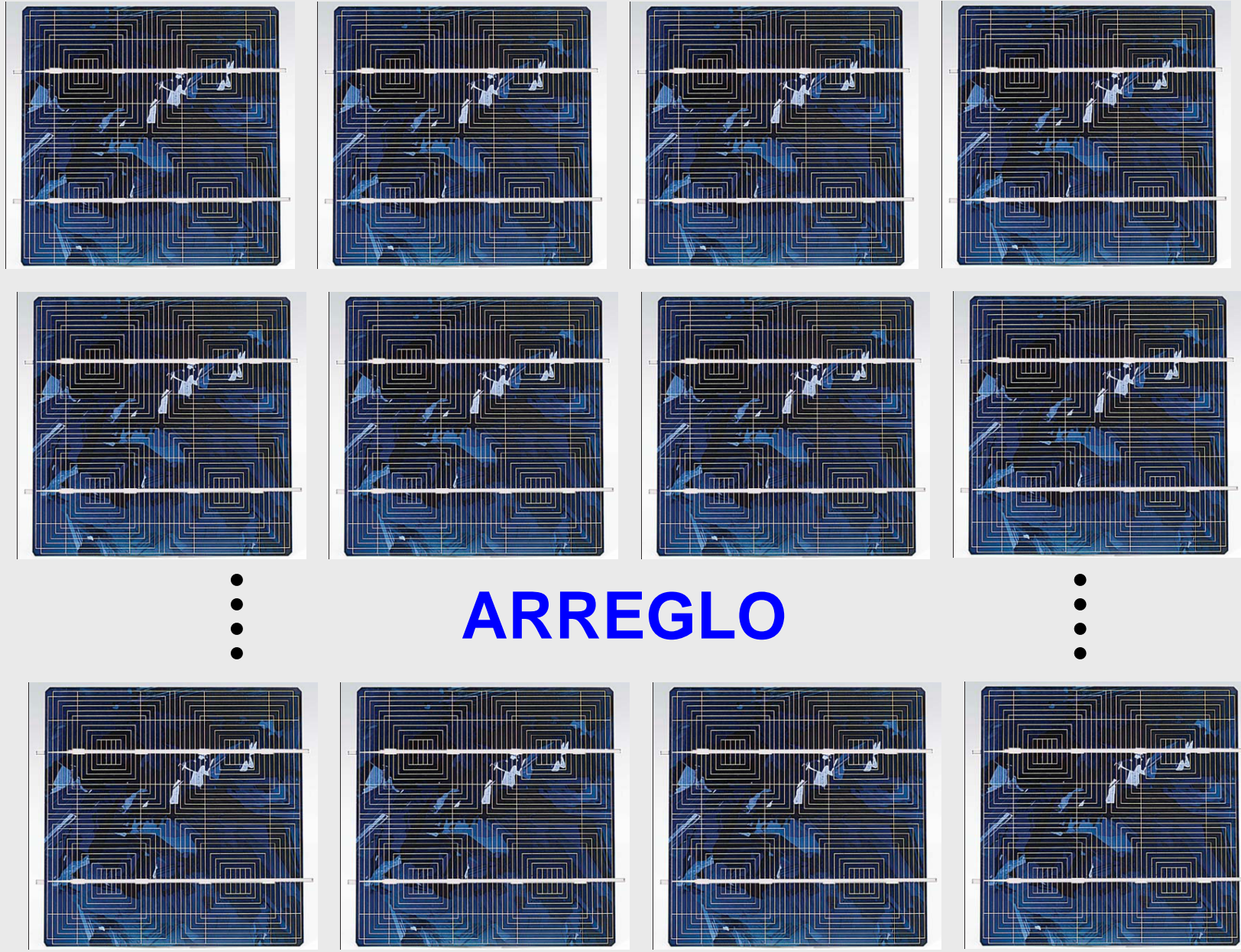


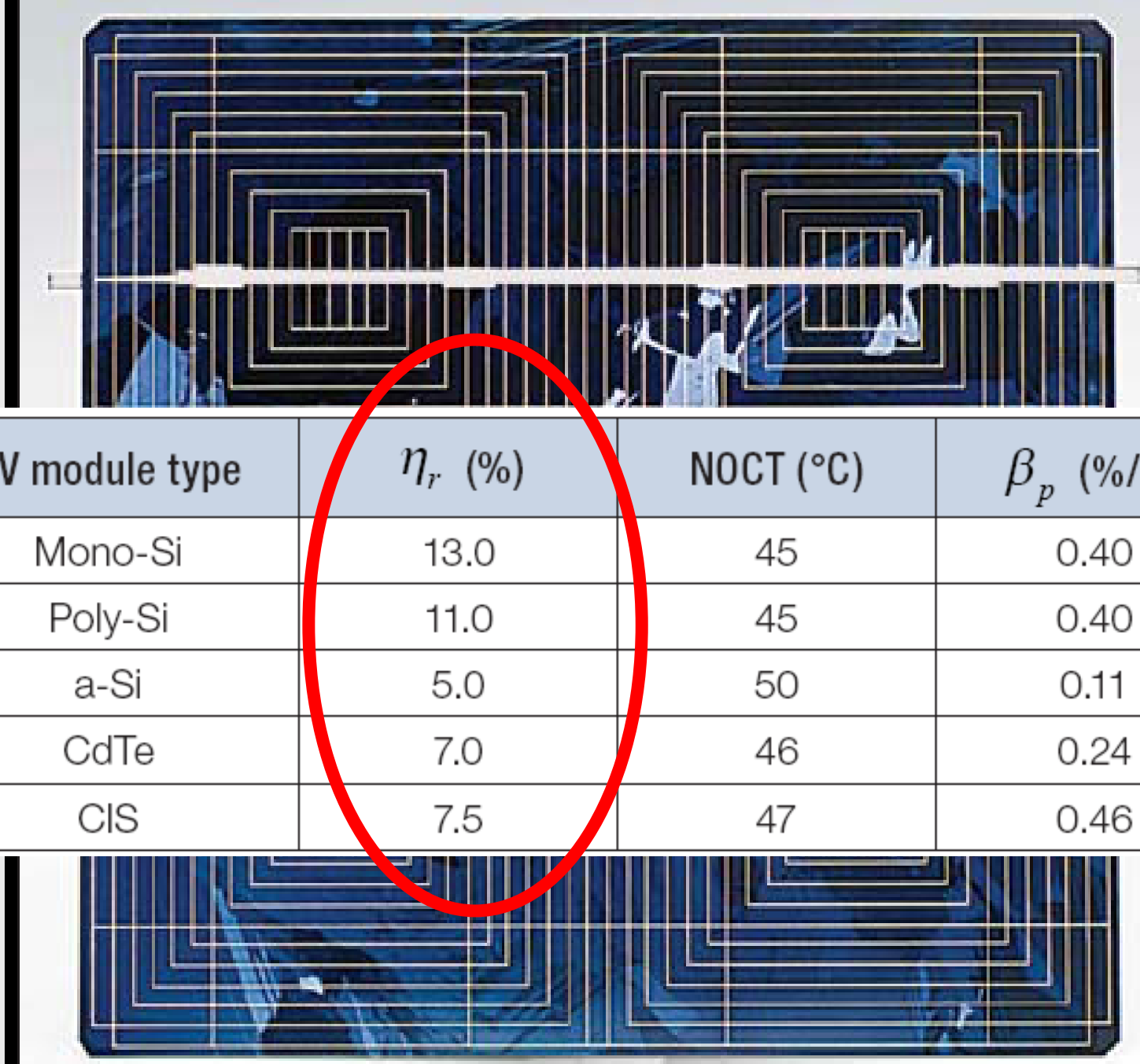


**CELDA: VOCD = 0.5V, 0.6V**



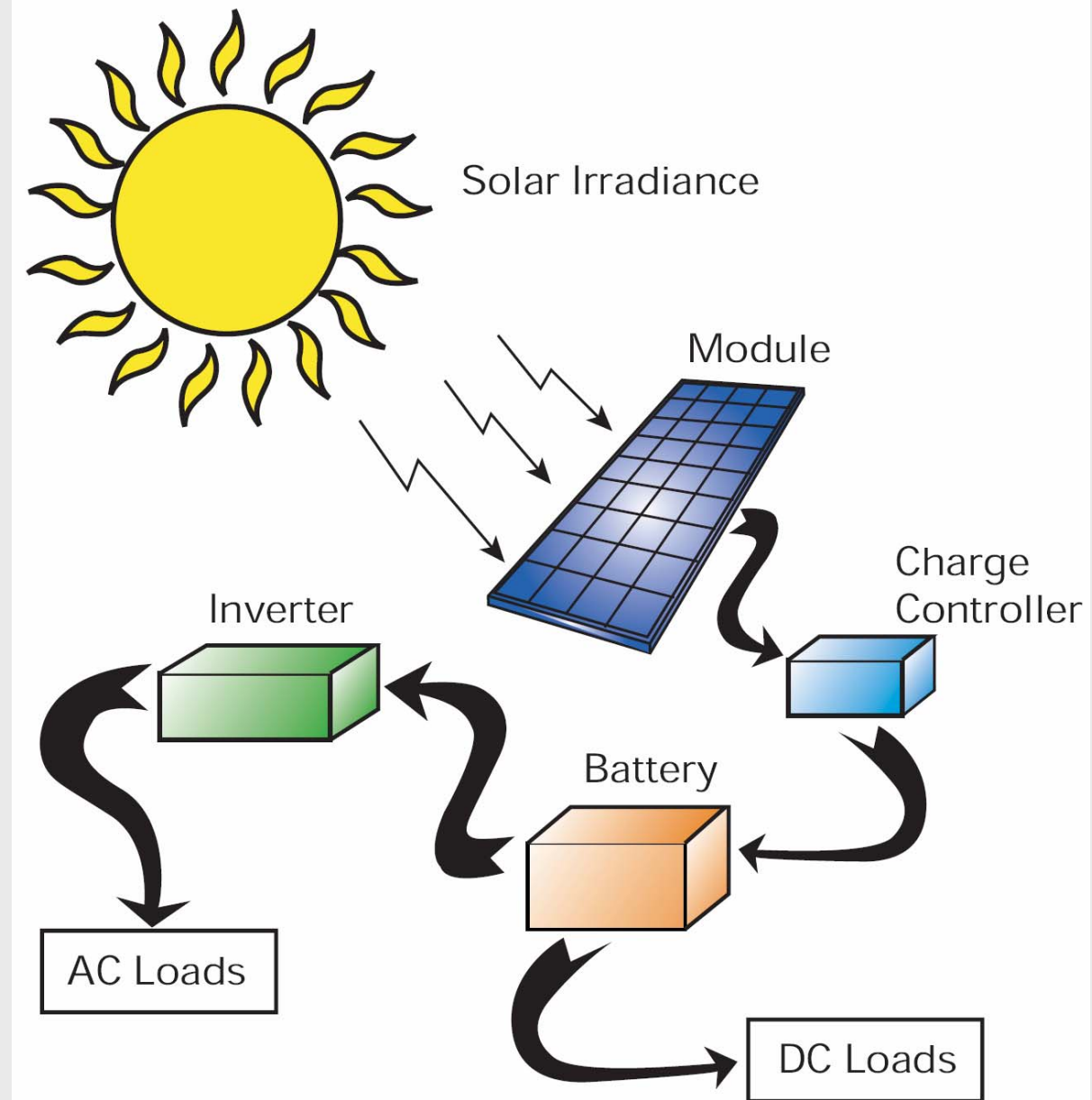
# MÓDULO





PV module type	$\eta_r$ (%)	NOCT (°C)	$\beta_p$ (%/°C)
Mono-Si	13.0	45	0.40
Poly-Si	11.0	45	0.40
a-Si	5.0	50	0.11
CdTe	7.0	46	0.24
CIS	7.5	47	0.46

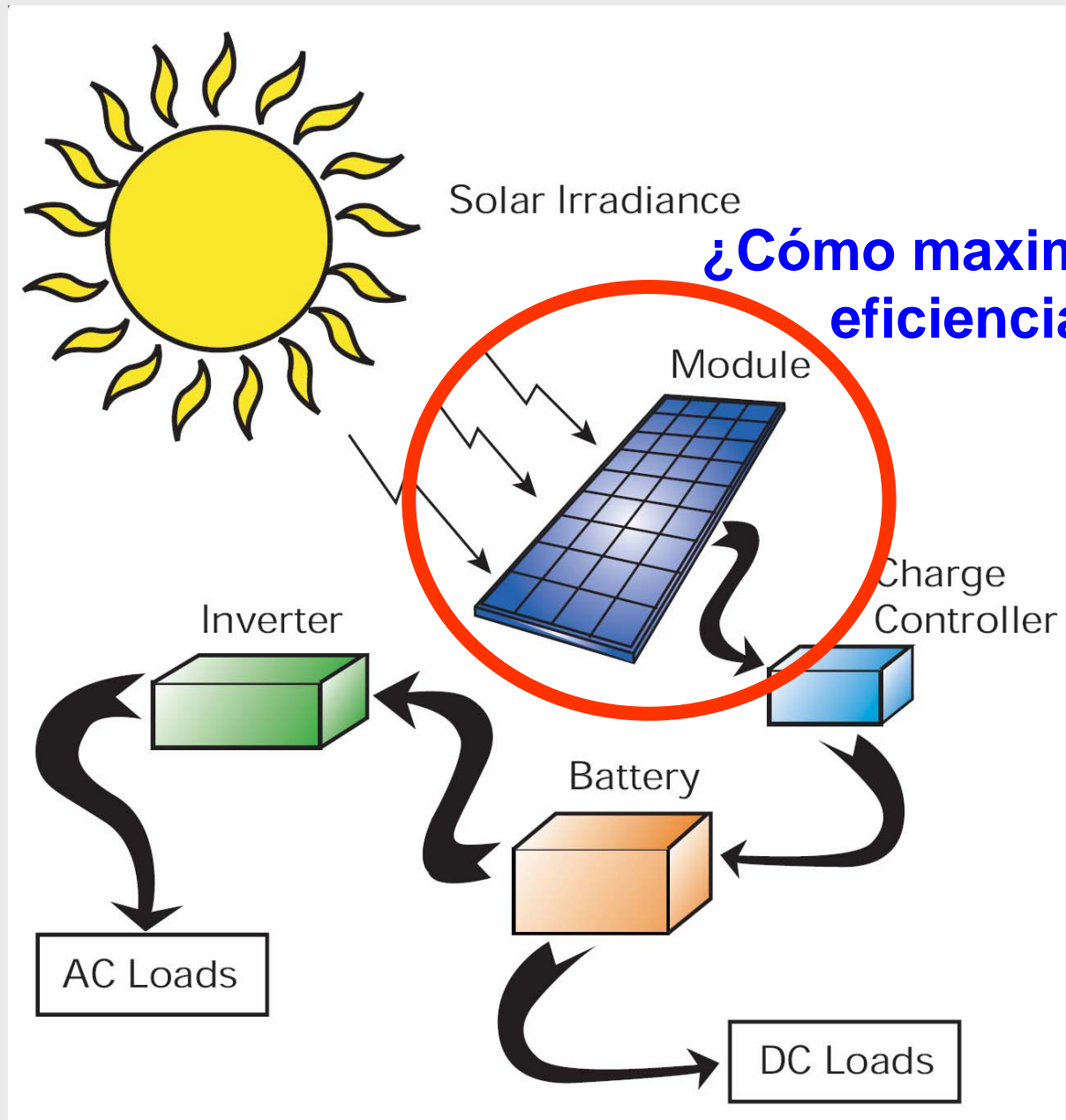
## Sistema fotovoltaico "típico"



**Operar eficientemente las celdas  
fotovoltaicas**

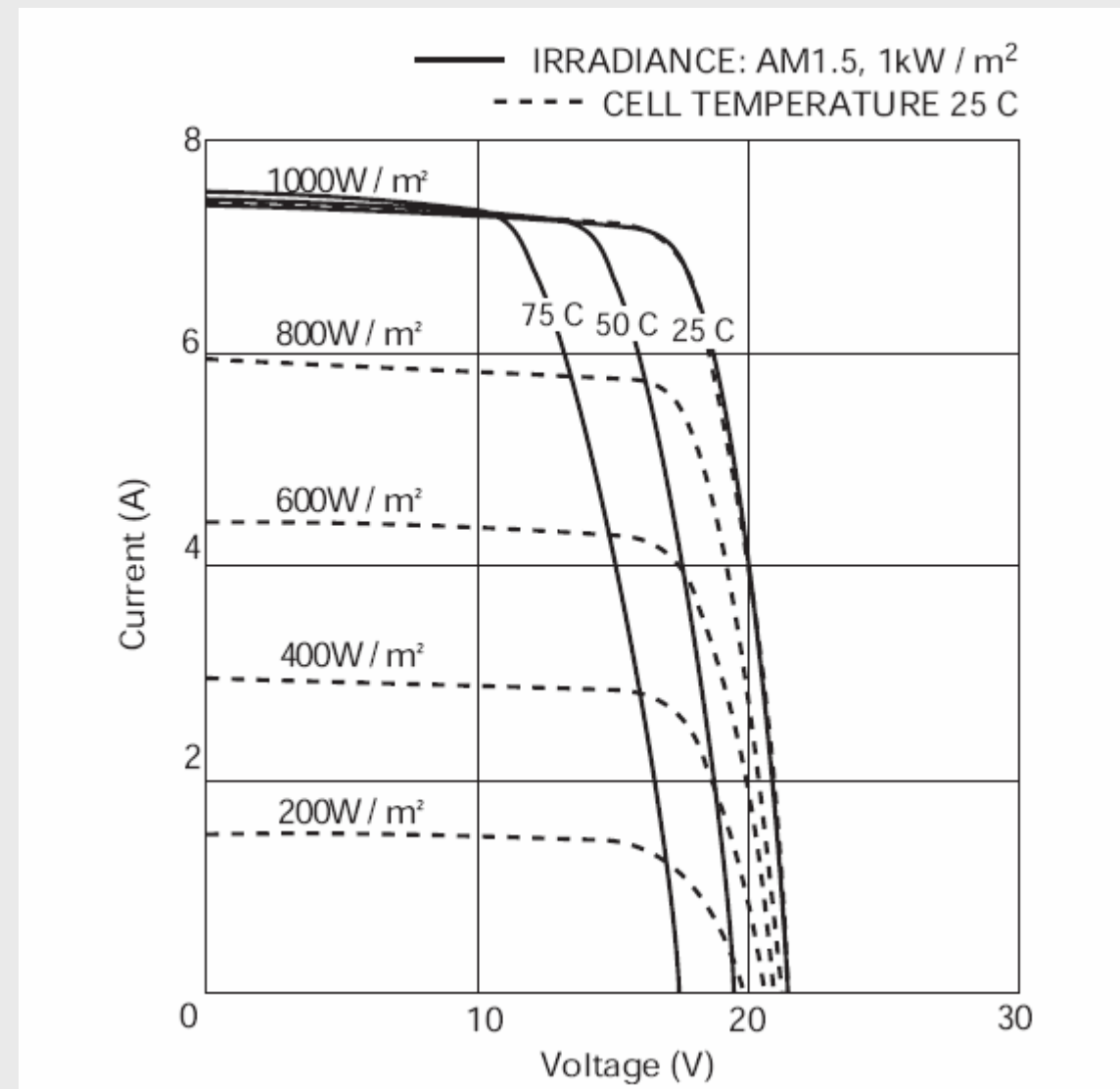
**Generar una tensión alterna  
compatible con la normatividad**

**Ofrecer robustez y seguridad**



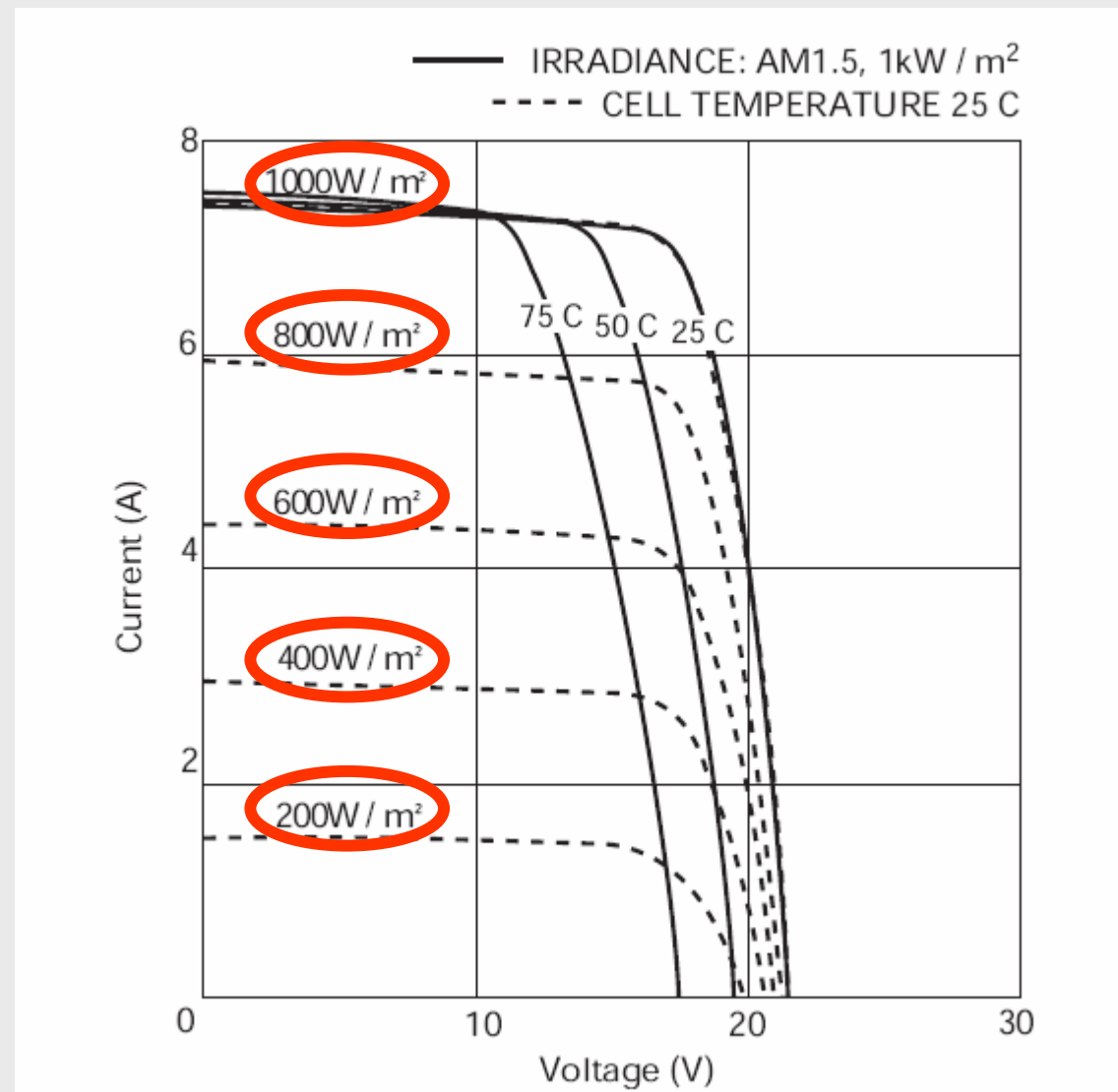
**¿Cómo maximizar la eficiencia?**

## Características de un módulo FV

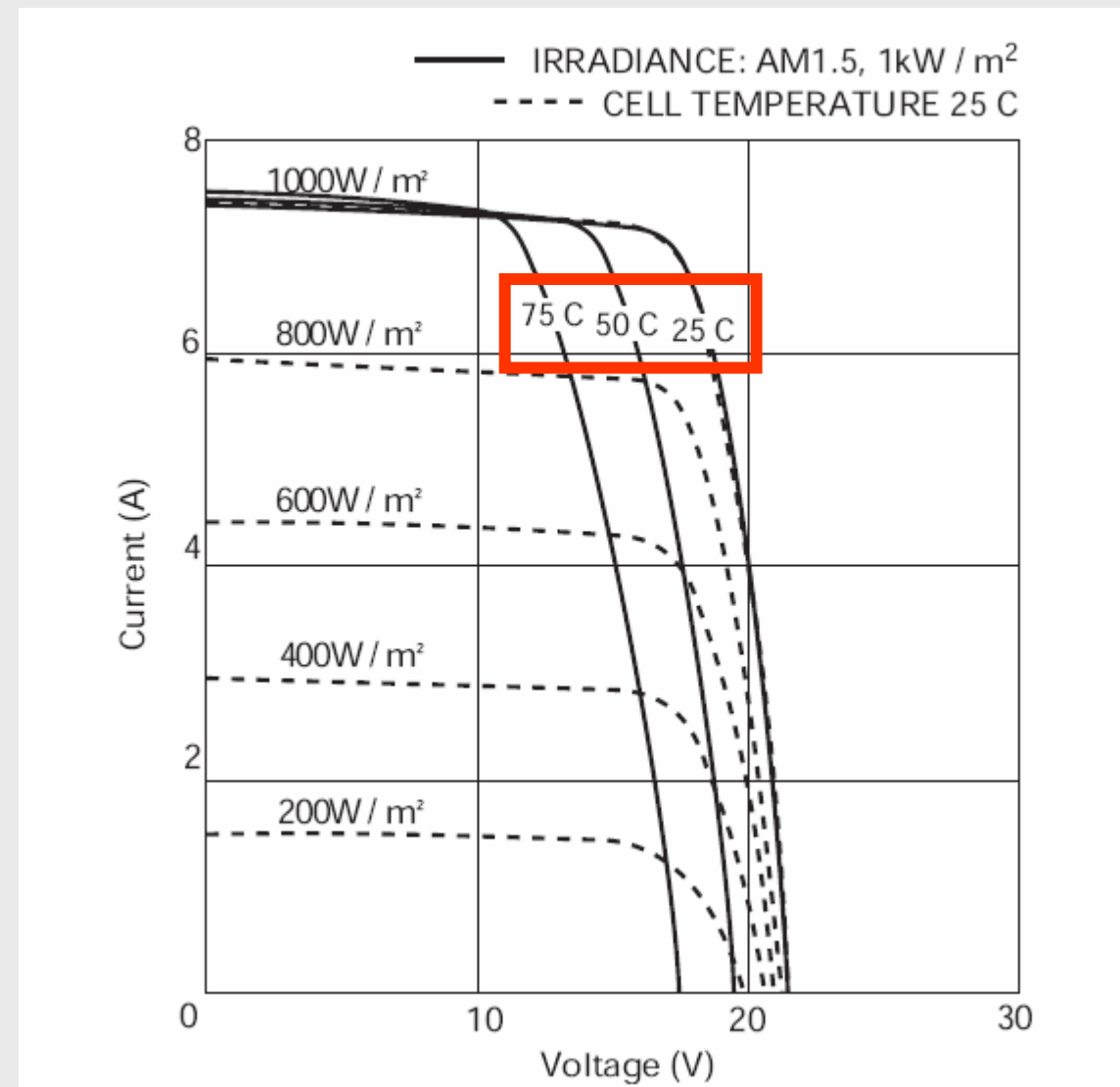




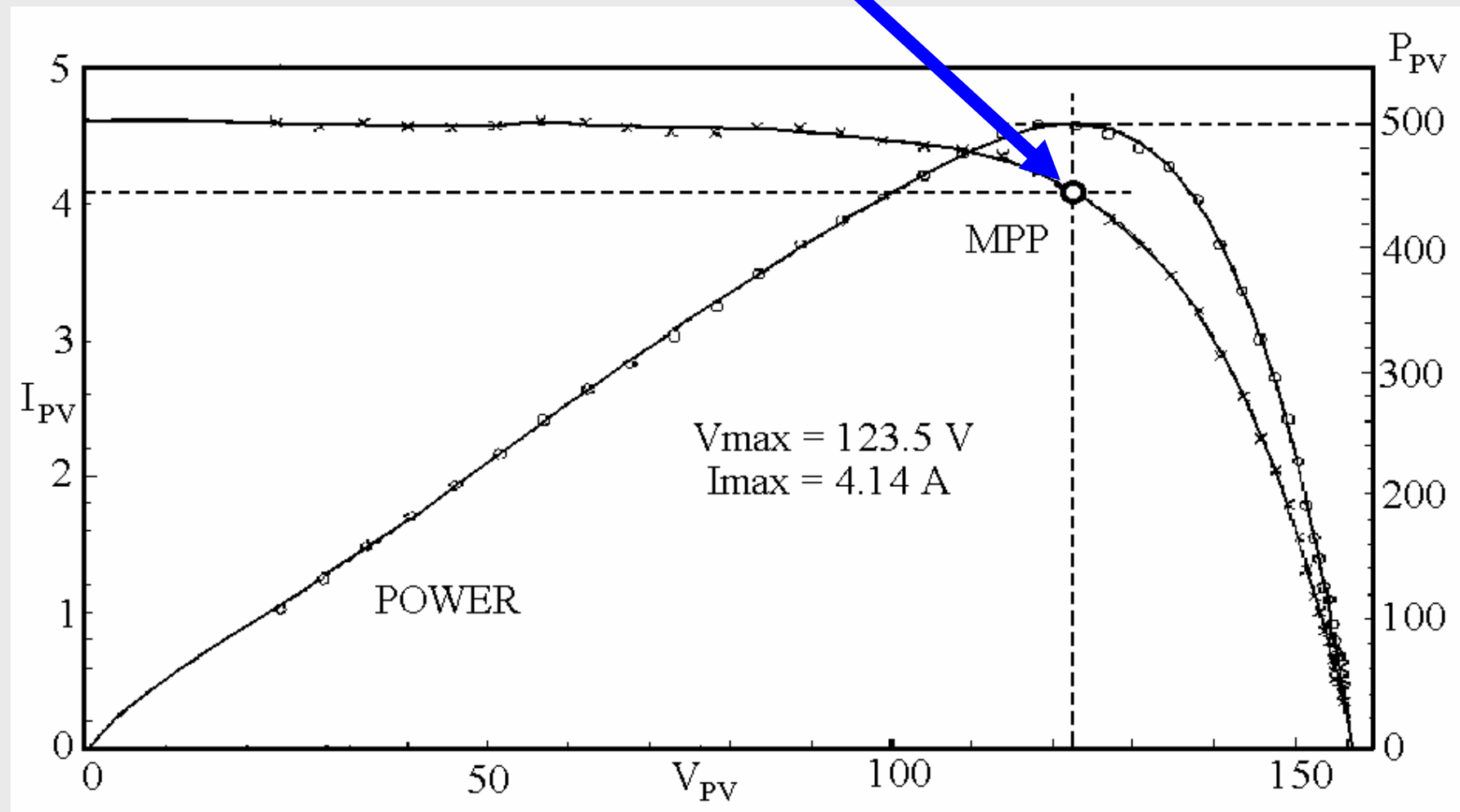
¡Las características dependen de la irradiancia!



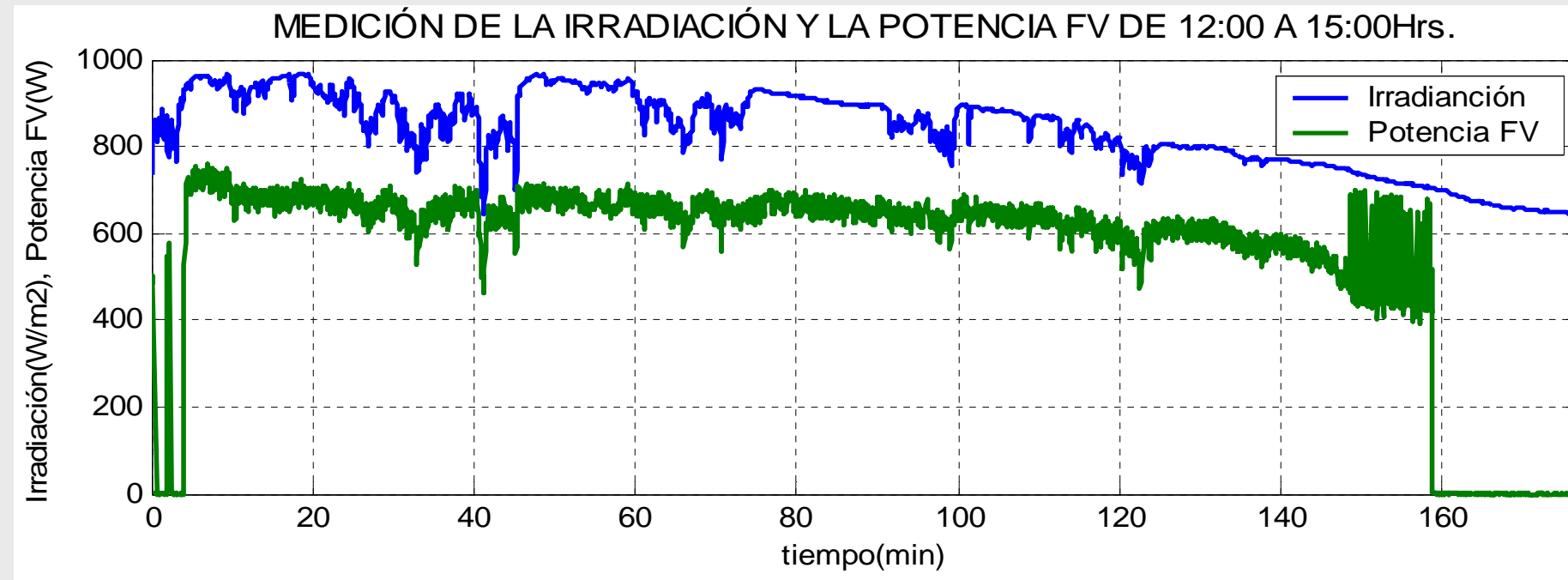
## ¡Y de la temperatura!



## El punto de máxima potencia (MPP)



**Para maximizar la  
eficiencia es necesario  
operar **constantemente** en  
el PMP.**



# Sistema fotovoltaico



**Interconectado  
a la red**

**Autónomo  
(stand-alone)**

# **Sistema fotovoltaico**



**Autónomo**  
**(stand-alone)**

**Operan  
independientemente de la  
red eléctrica**

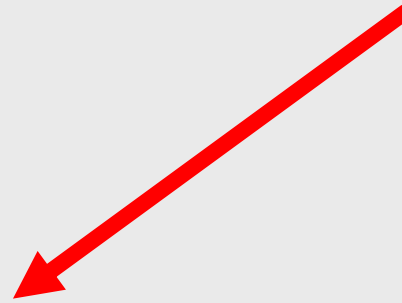
**Incluyen un medio de  
almacenamiento de  
energía**



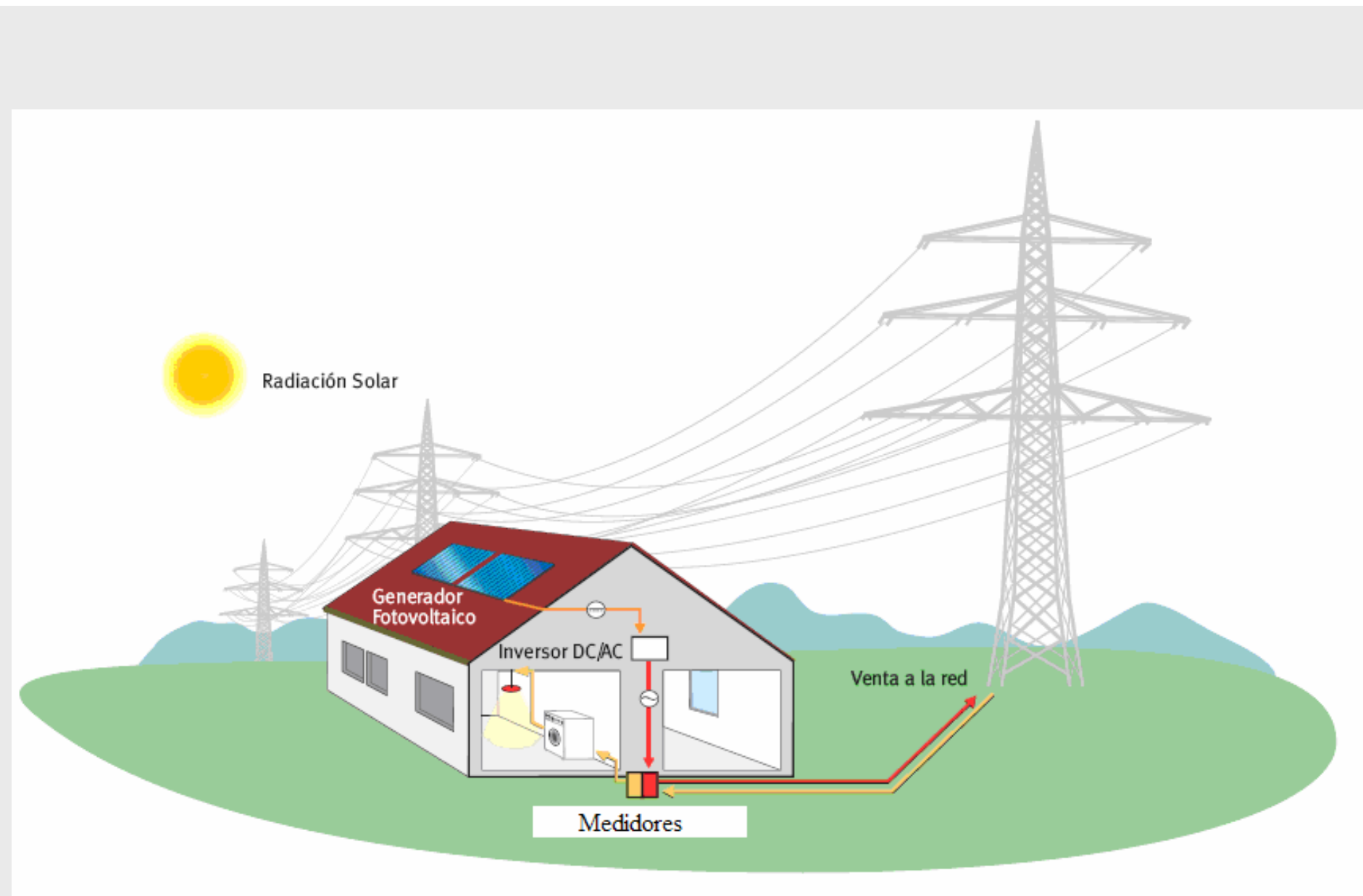
# BATERÍAS



# Sistema fotovoltaico



**Interconectado  
a la red**



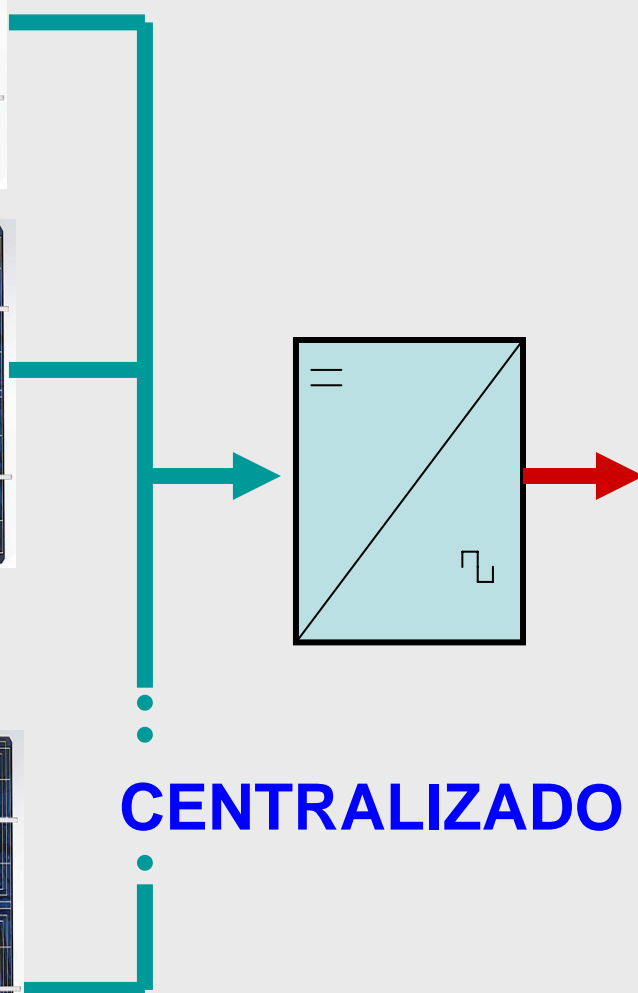
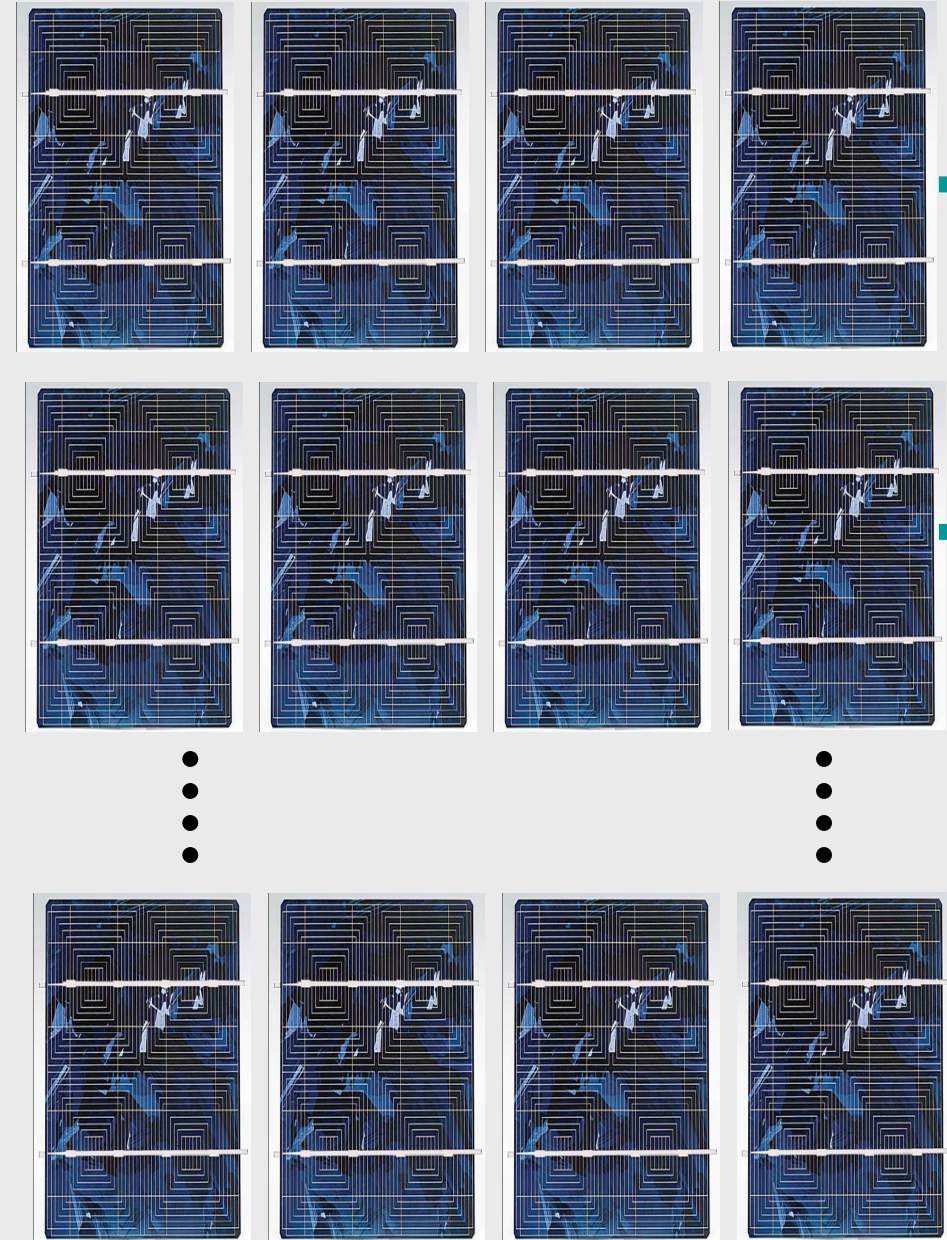
# ¿Cómo clasificar los sistemas fotovoltaicos?

# **Modularidad**

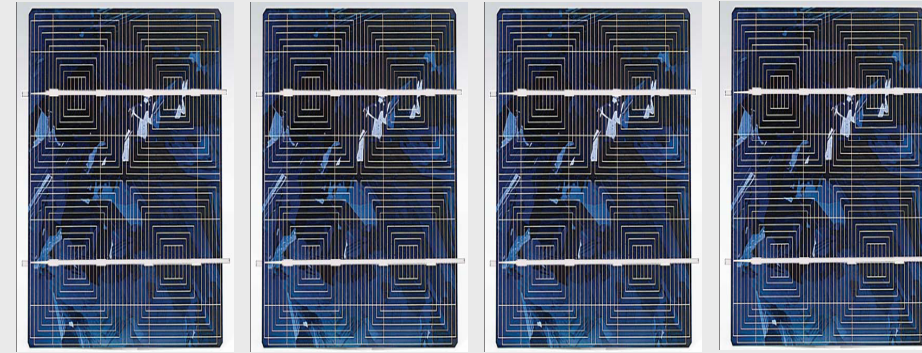
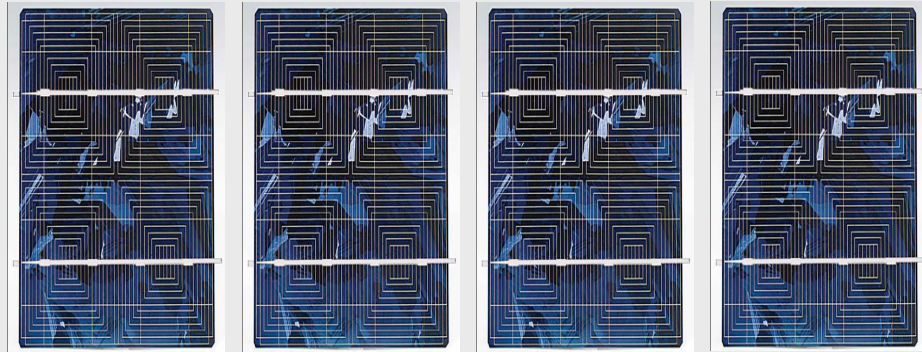
**Nula: sistema centralizado**

**Intermedia: sistema en cadena**

**Alta: módulos integrados**

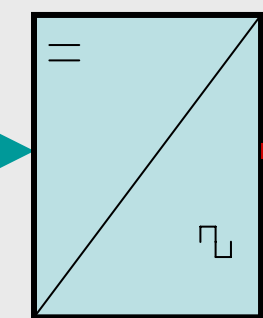
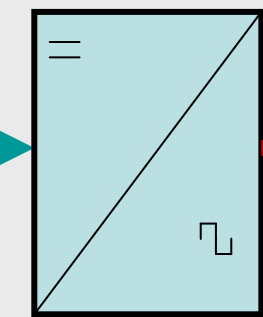
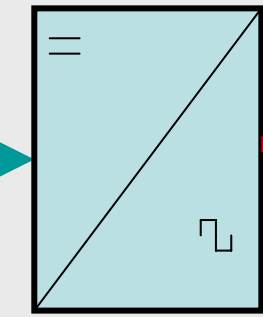
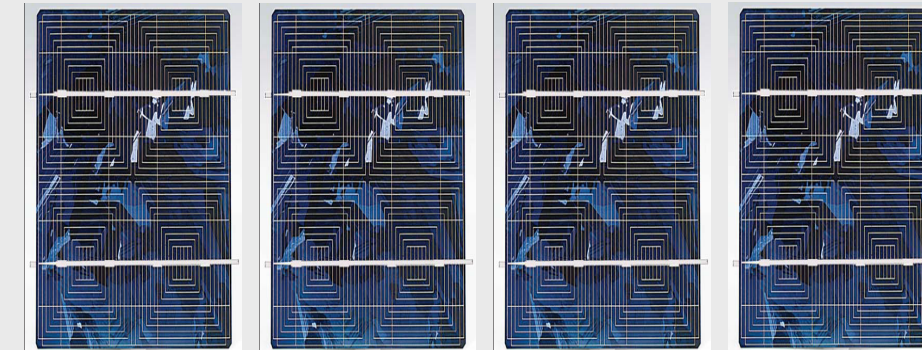


**CENTRALIZADO**

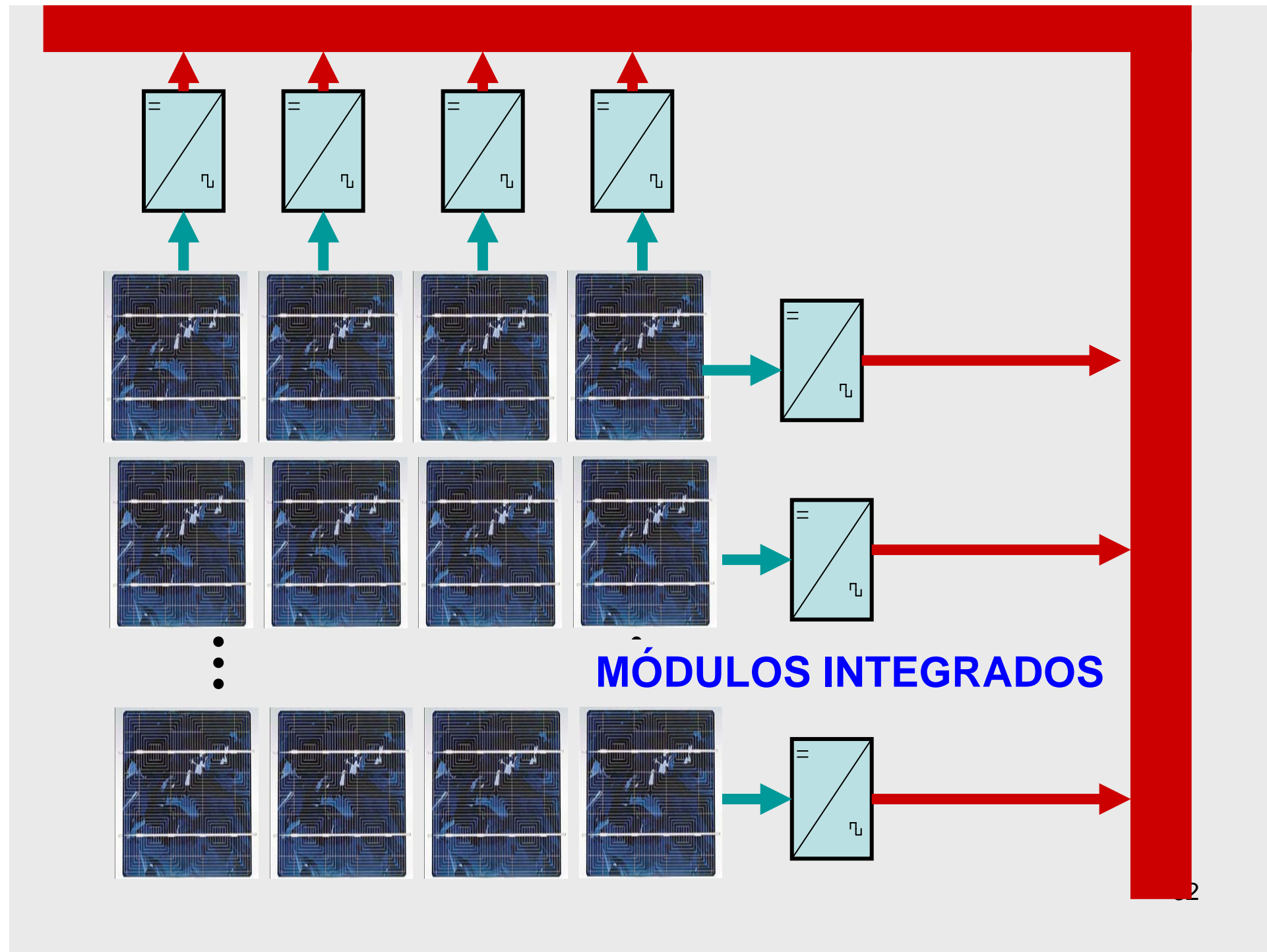


⋮

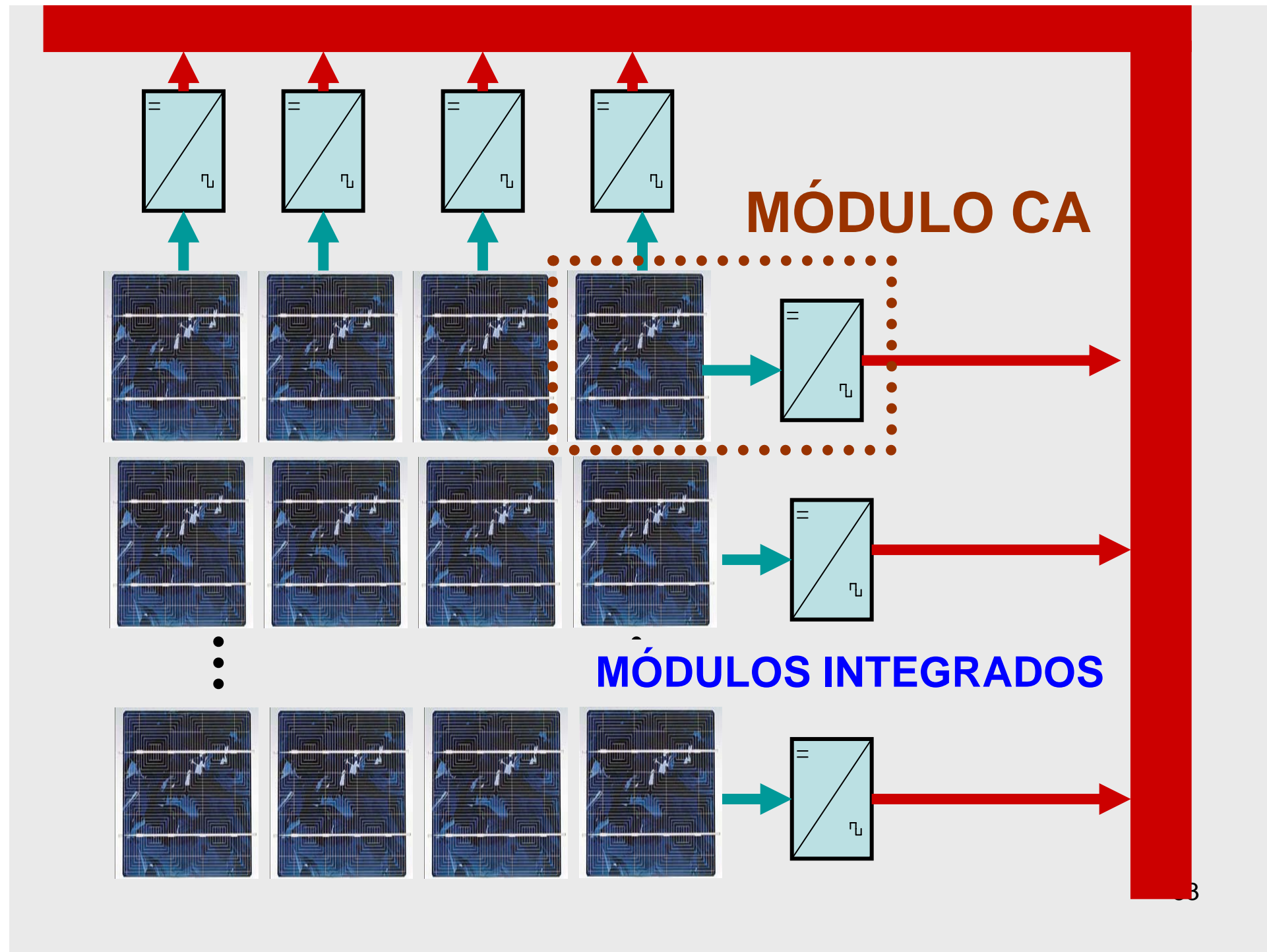
⋮



**EN CADENA**









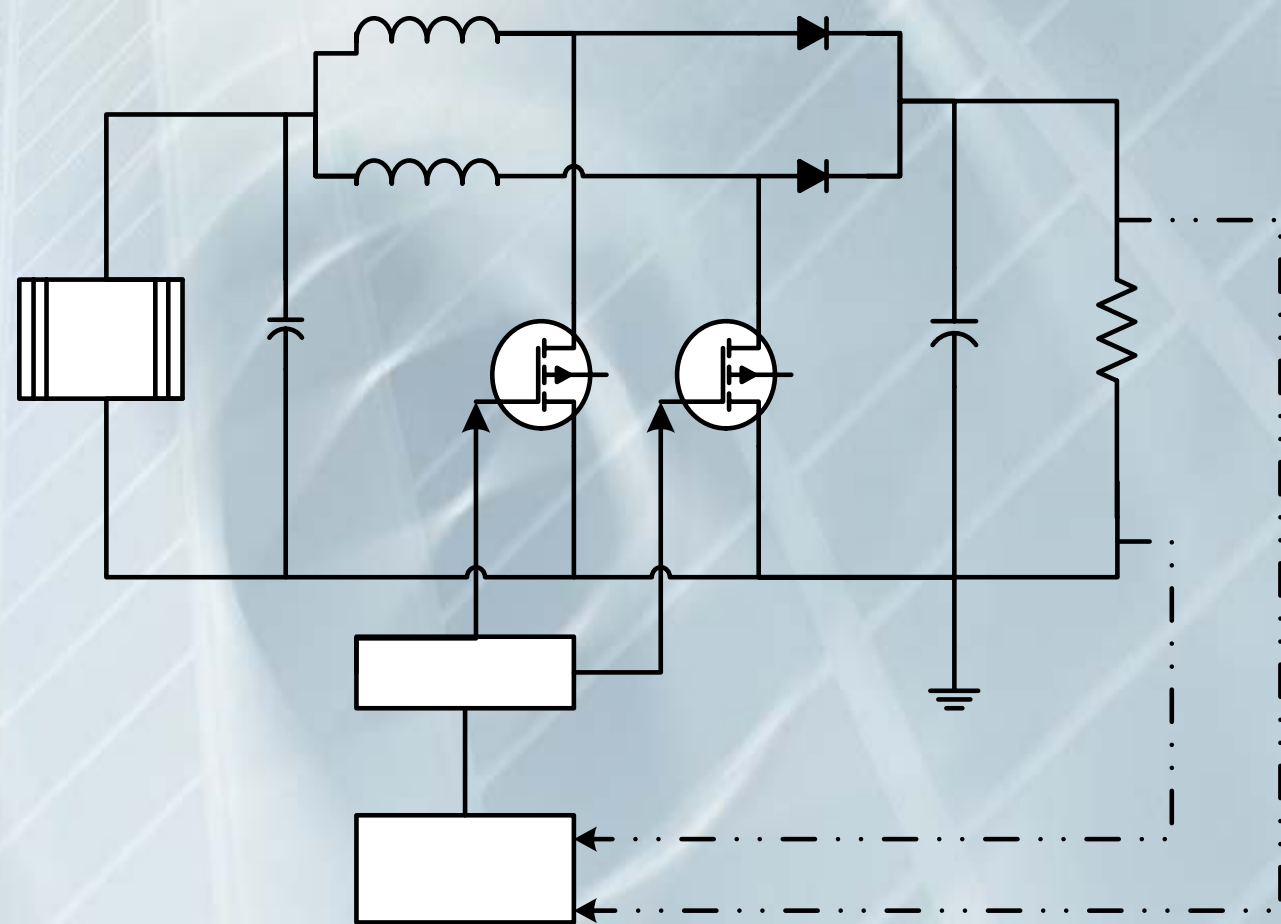
**Es una tecnología que  
avanza con mucha  
rapidez**

**¿Qué se ha  
hecho en el  
CENIDET?**



**CONVERTIDOR CD-CD  
PARA SISTEMA  
FOTOVOLTAICO**

# *Convertidor elevador entrelazado de dos etapas (interleaved)*



L1

L2

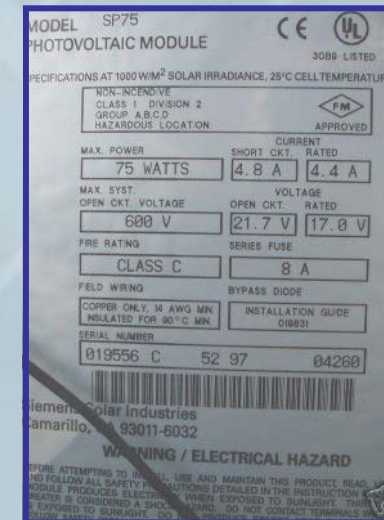
Paneles  
EV

C

Q2

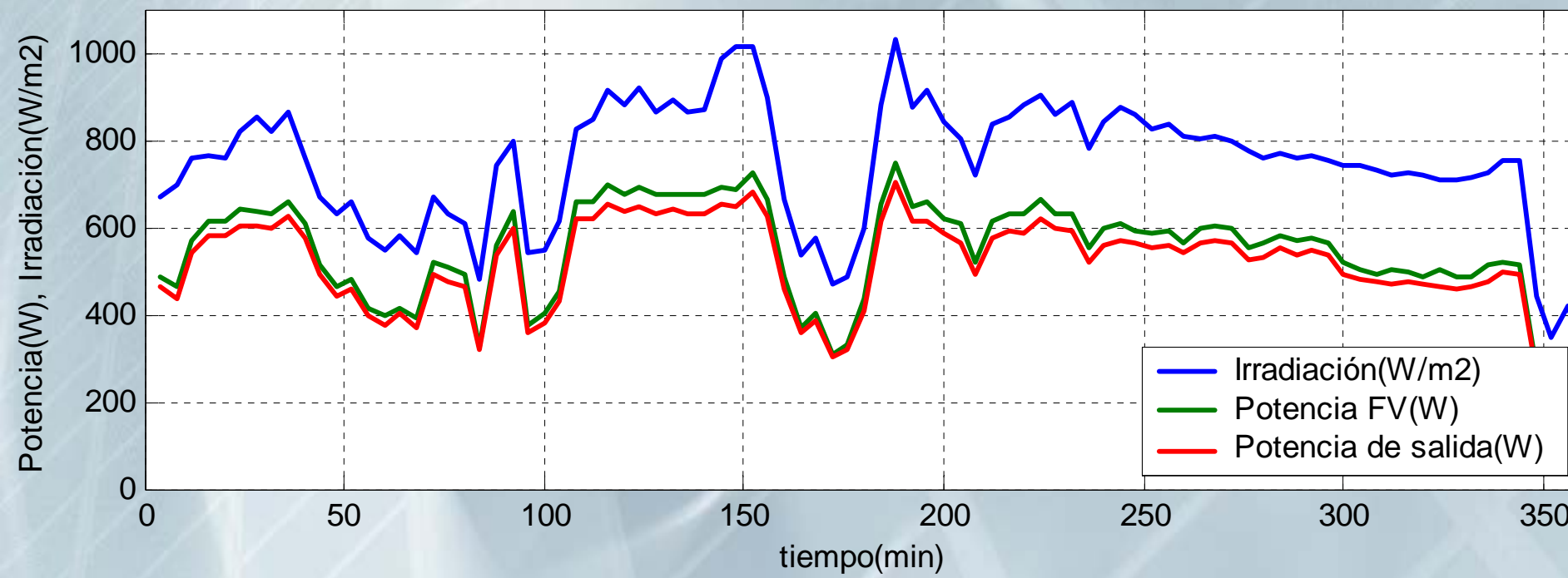
**- PANELES FV DEL IIE**

*El arreglo FV consta de 11 módulos en serie*



**- SEGUIMIENTO DEL PMP: Día con nubes**

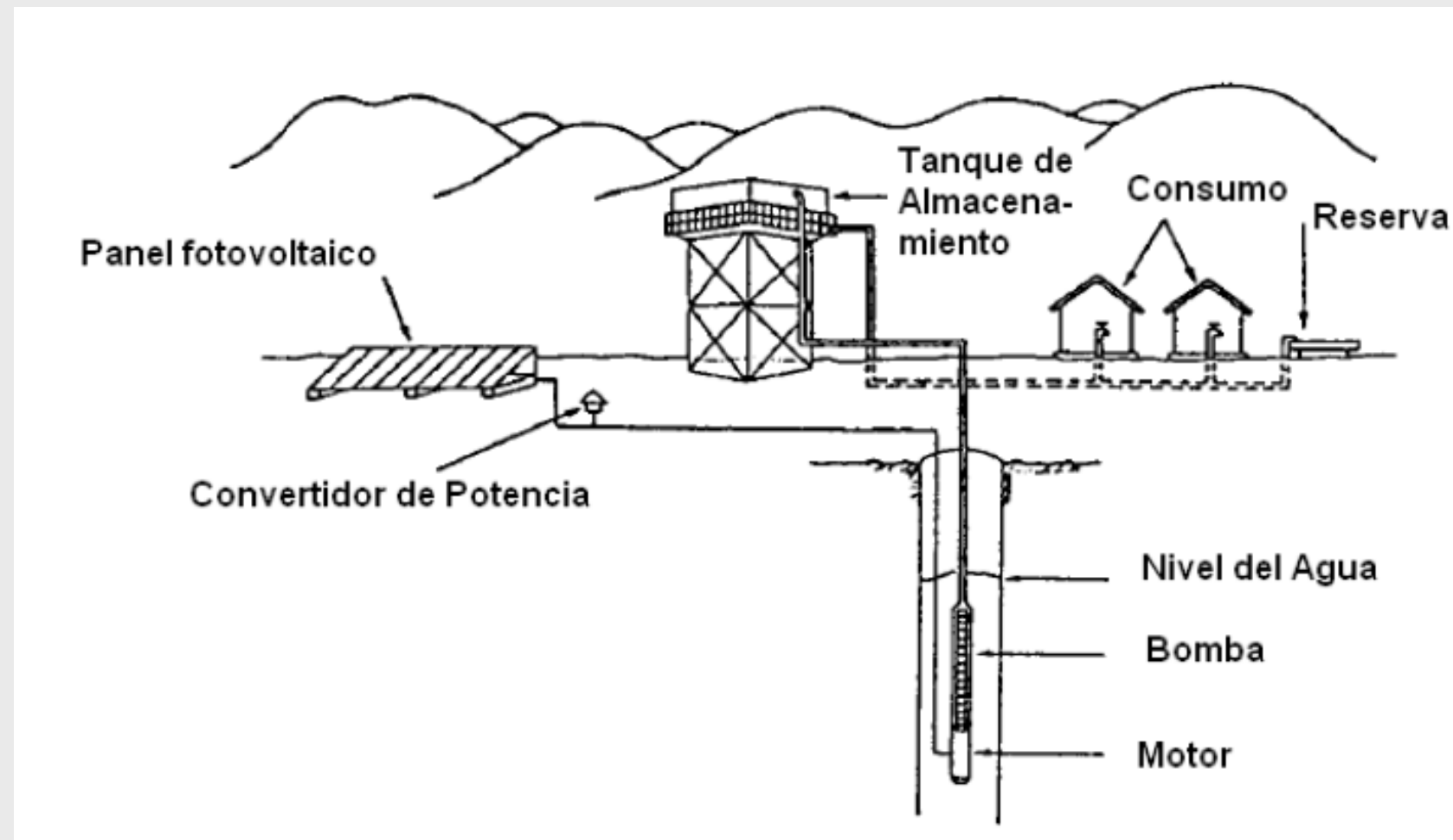
IRRADIACIÓN Y POTENCIAS MEDIDAS DE 9:20 A 15:20Hrs.

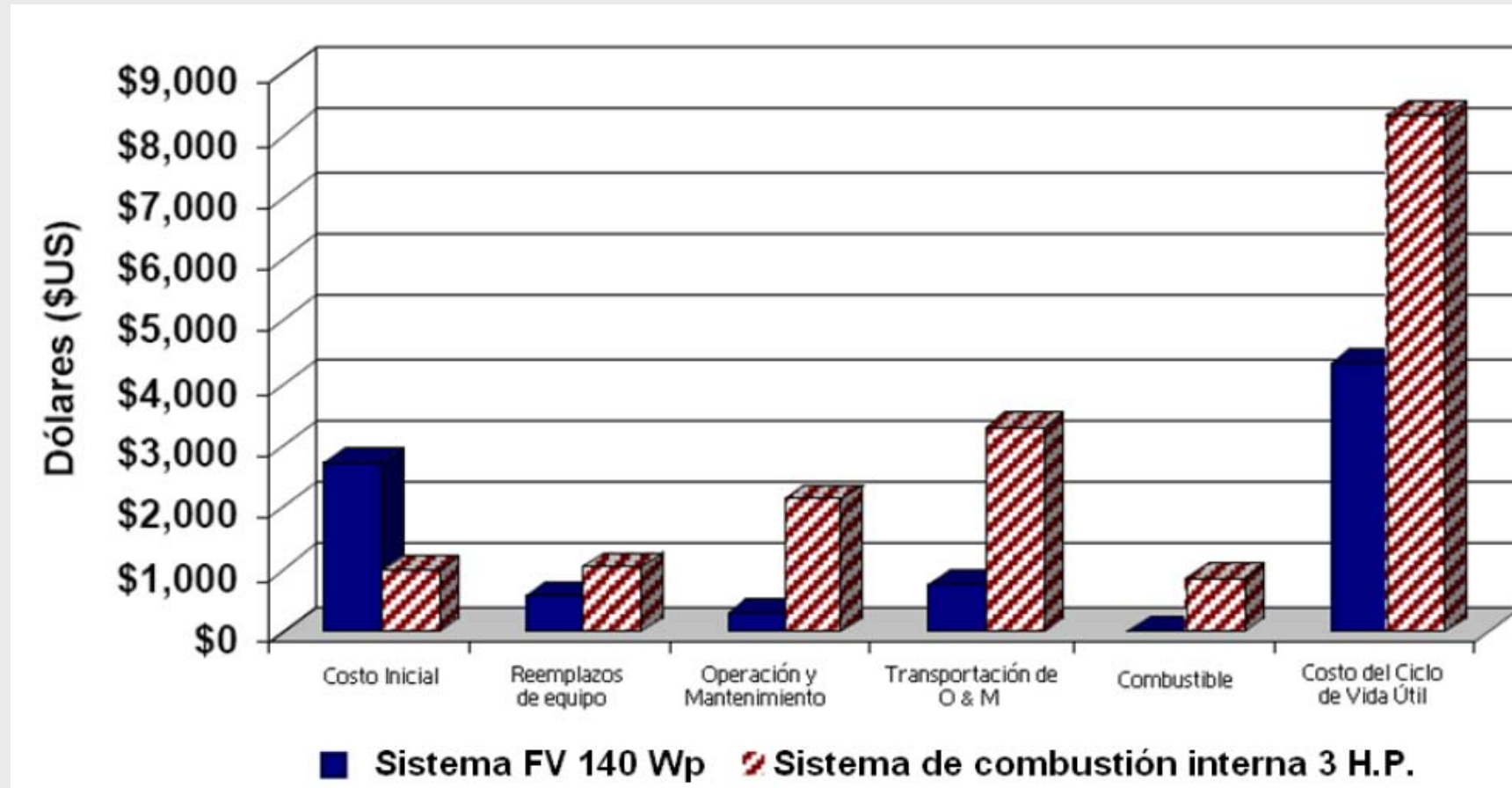


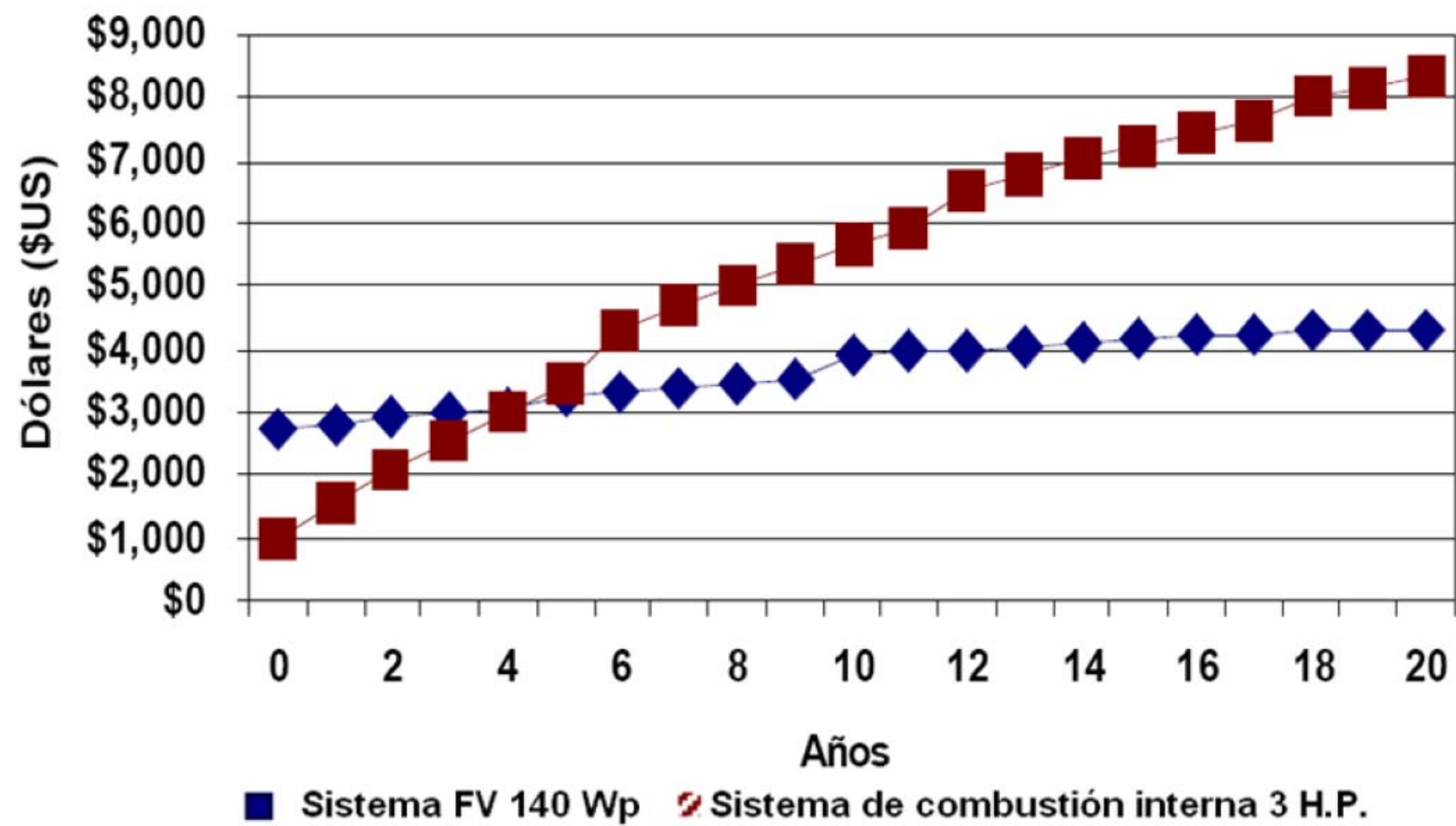
**¡¡ Sigue el PMP!!**

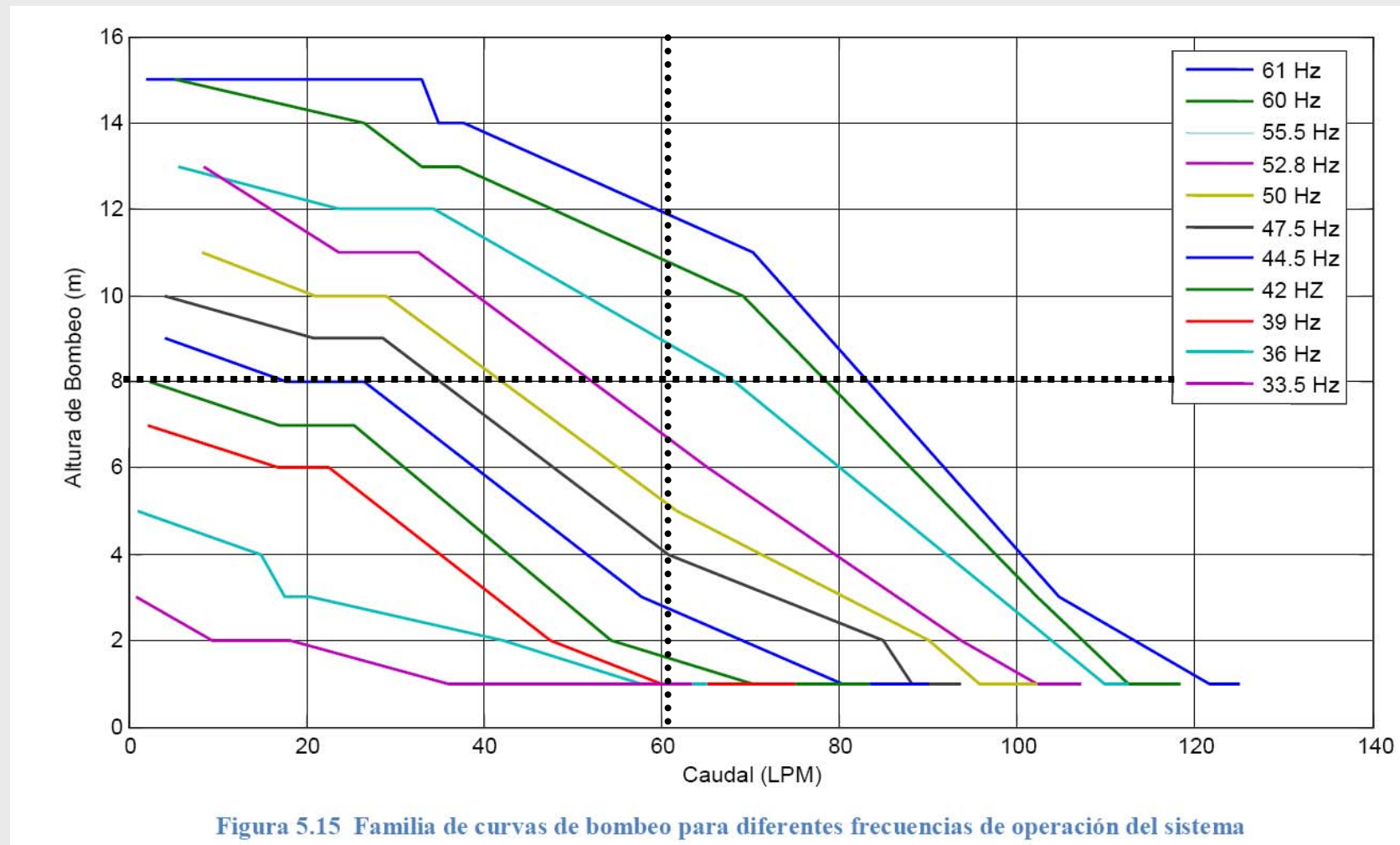
# Bombeo fotovoltaico











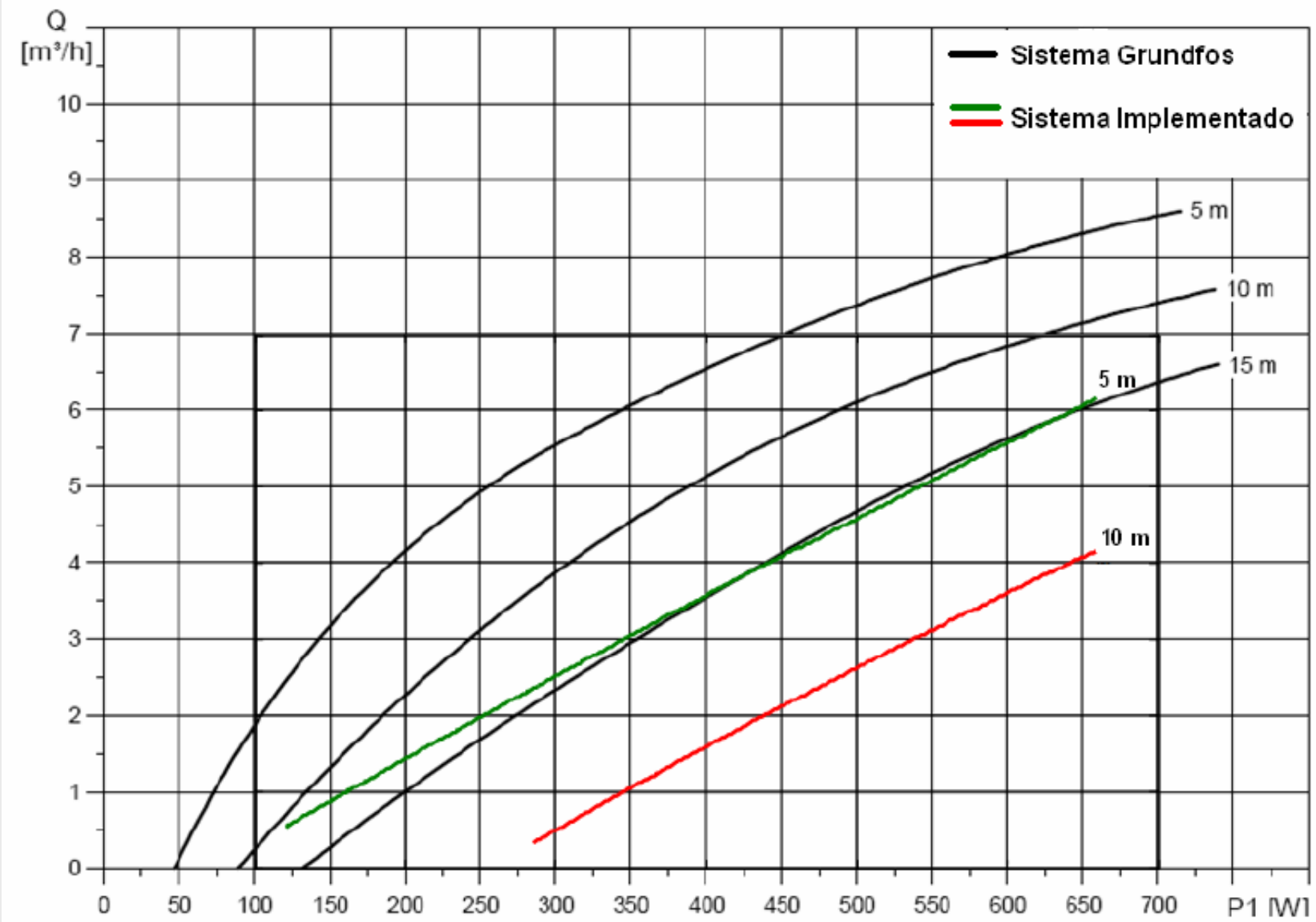
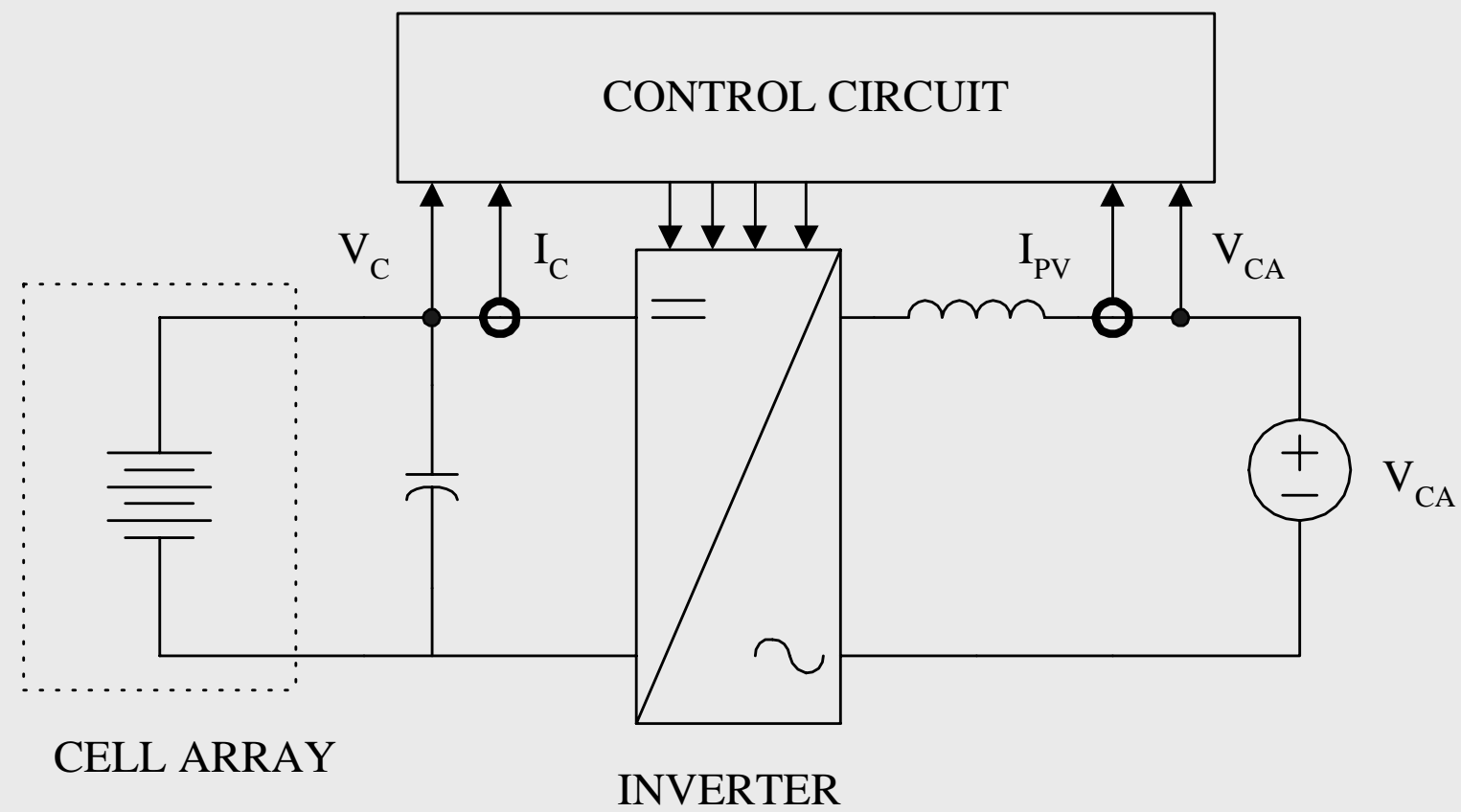
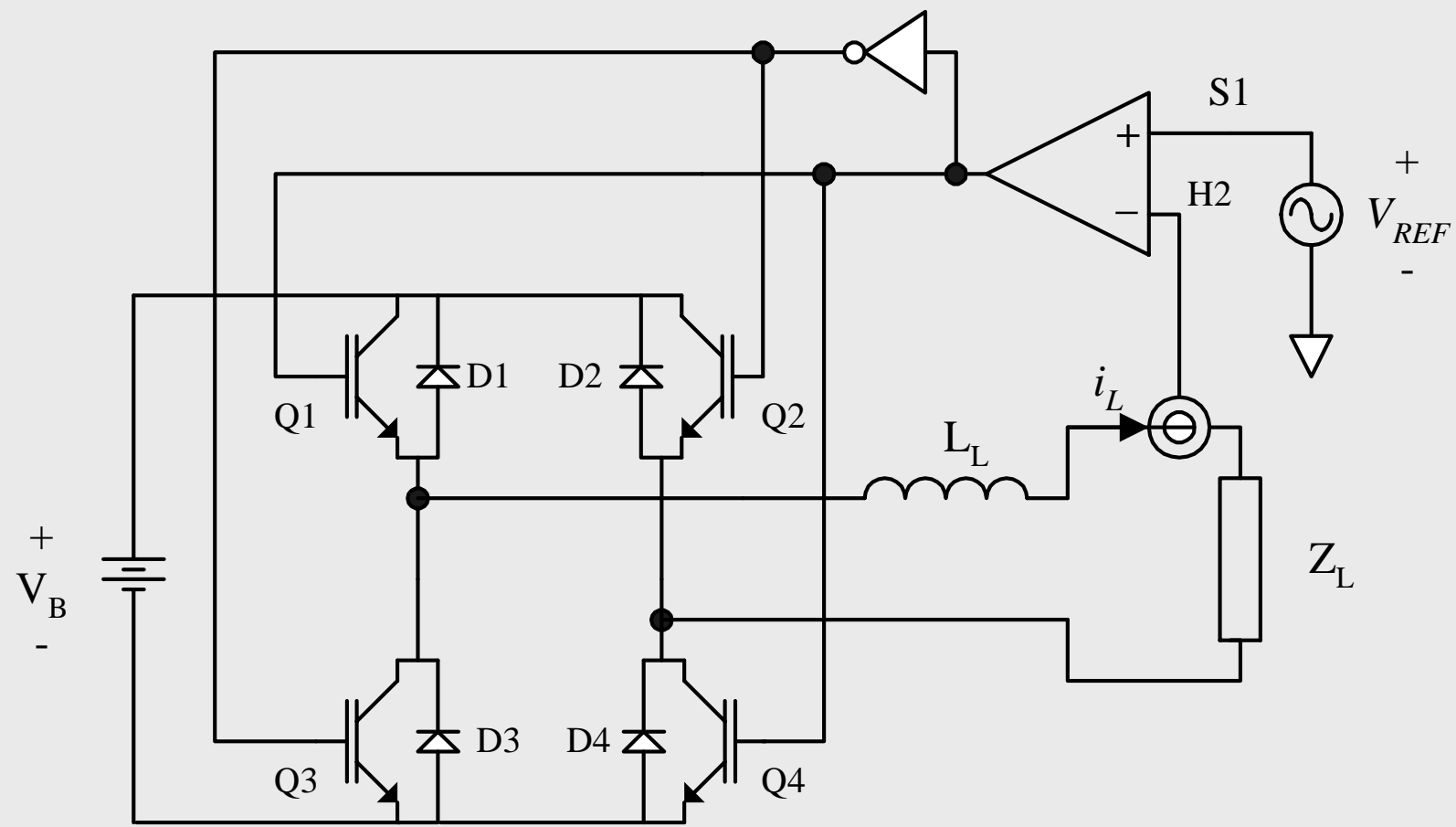


Figura 5.18 Comparación de caudal vs potencia FV disponible

# Sistemas conectados a red

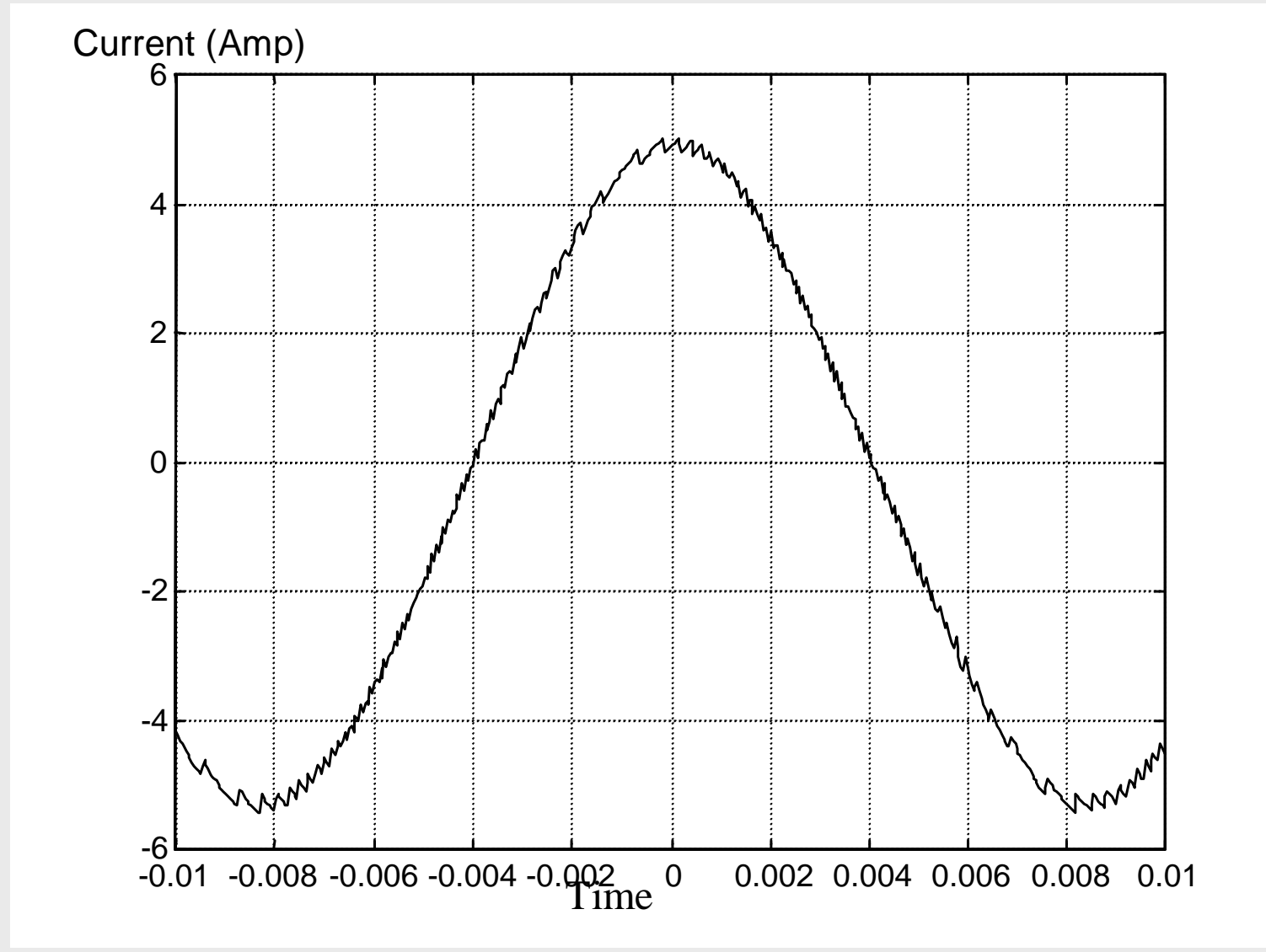


## Sistema de una sola etapa de potencia

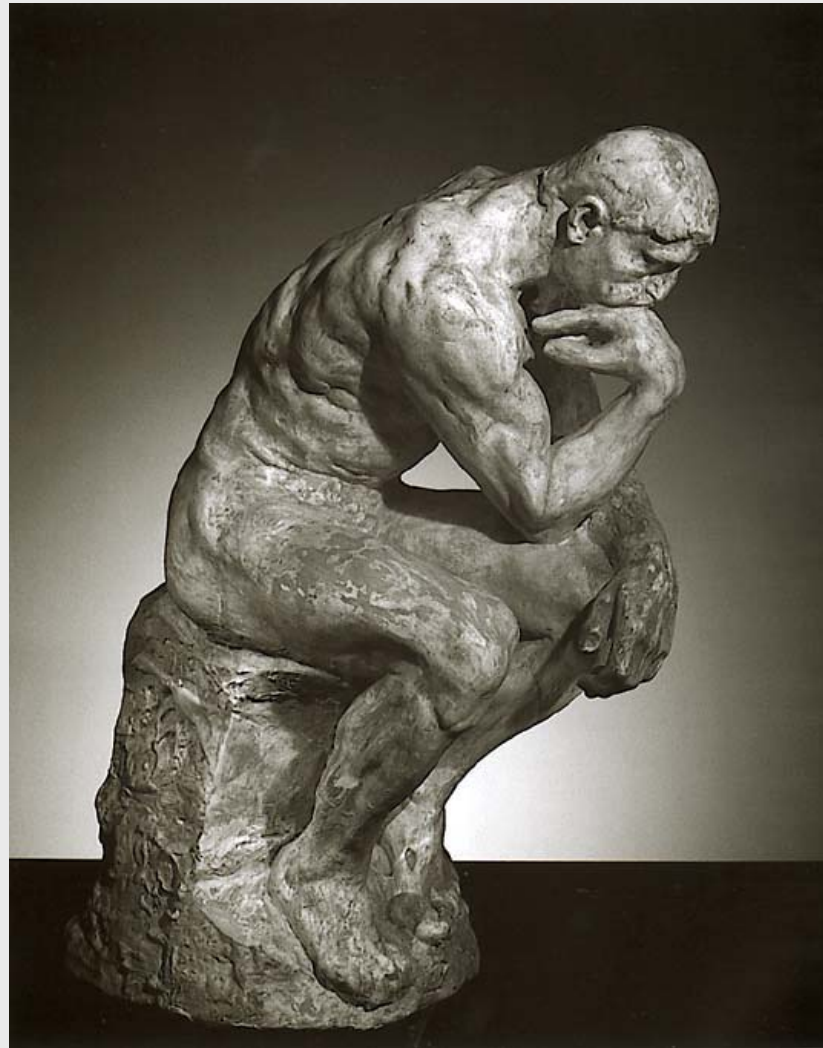


**Detalle del modulador (PWM con histéresis)**

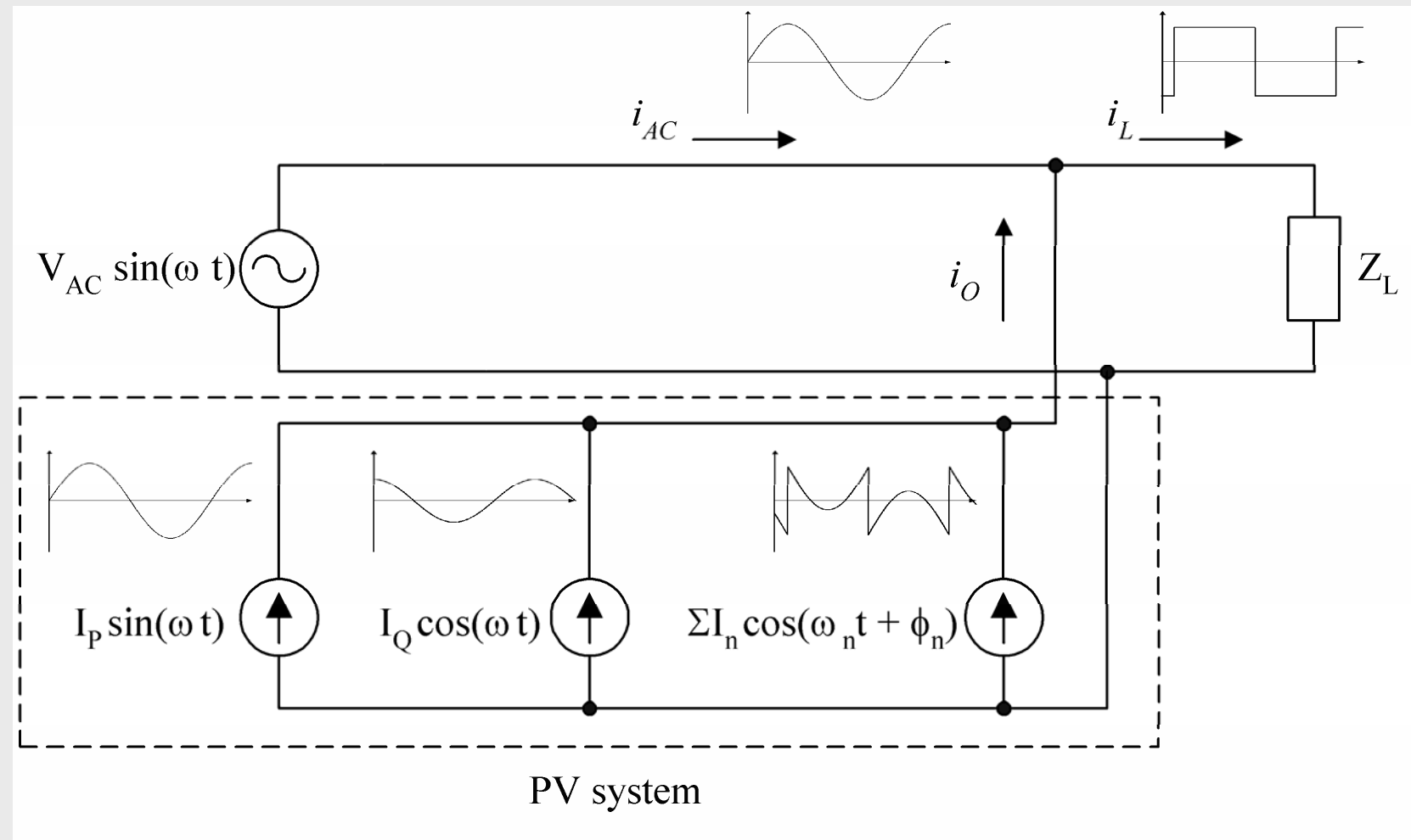




## Formas de onda experimentales

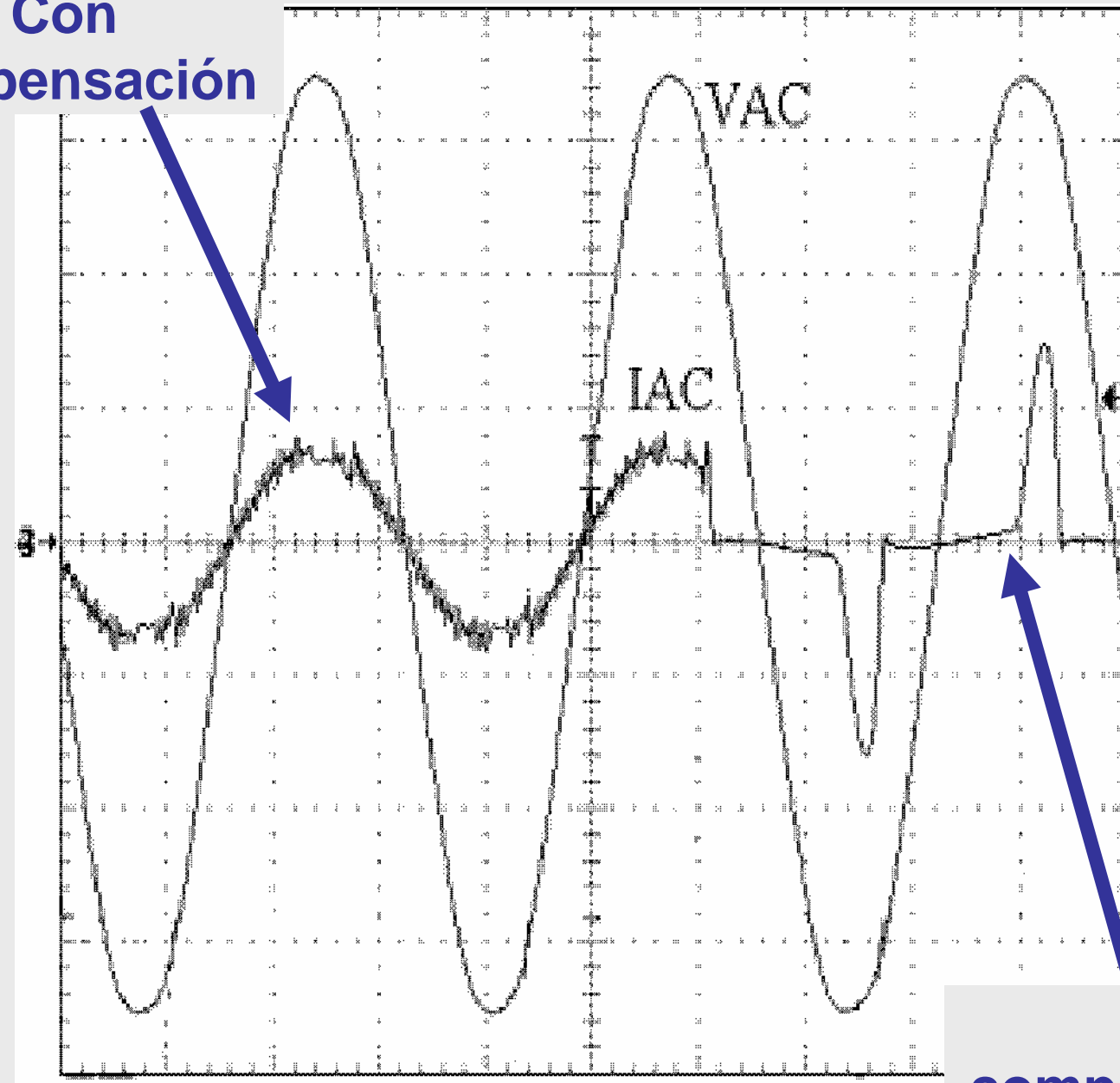


**¿SE PUEDE  
UTILIZAR EL  
SISTEMA FV  
PARA ELIMINAR  
ARMÓNICOS?**

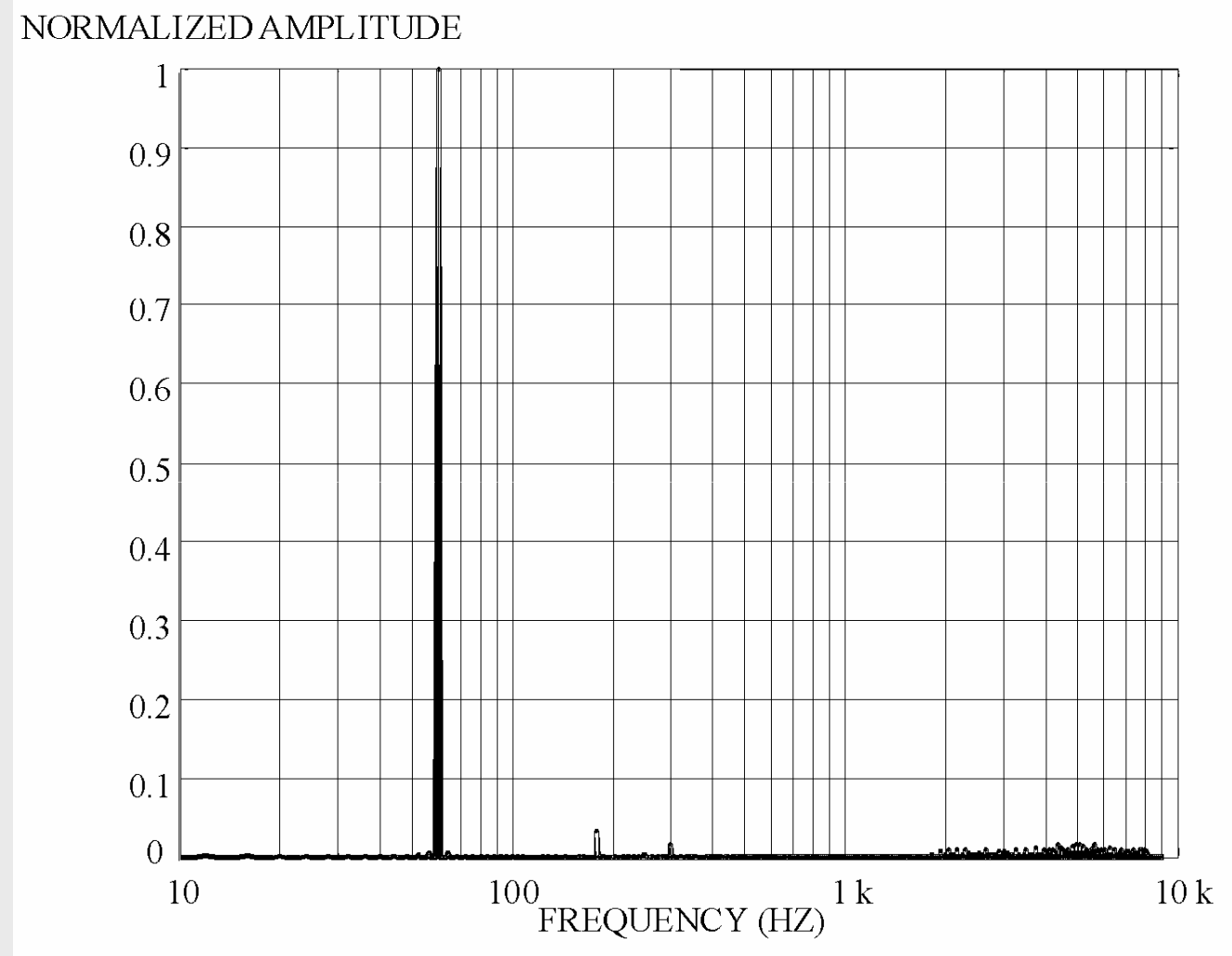


## Función de filtro activo

**Con  
compensación**

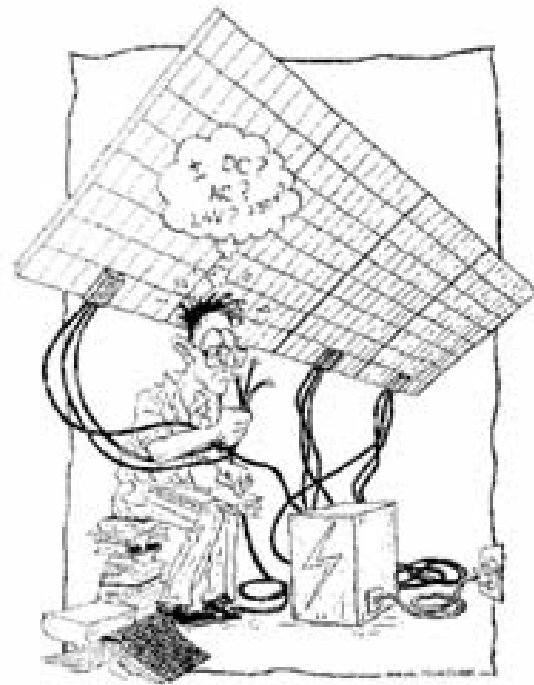


**Sin  
compensación**



**Corriente de línea compensada**

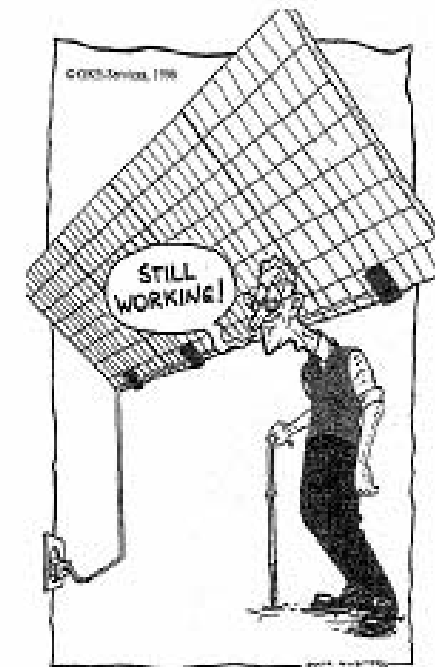
# Sistemas modulares



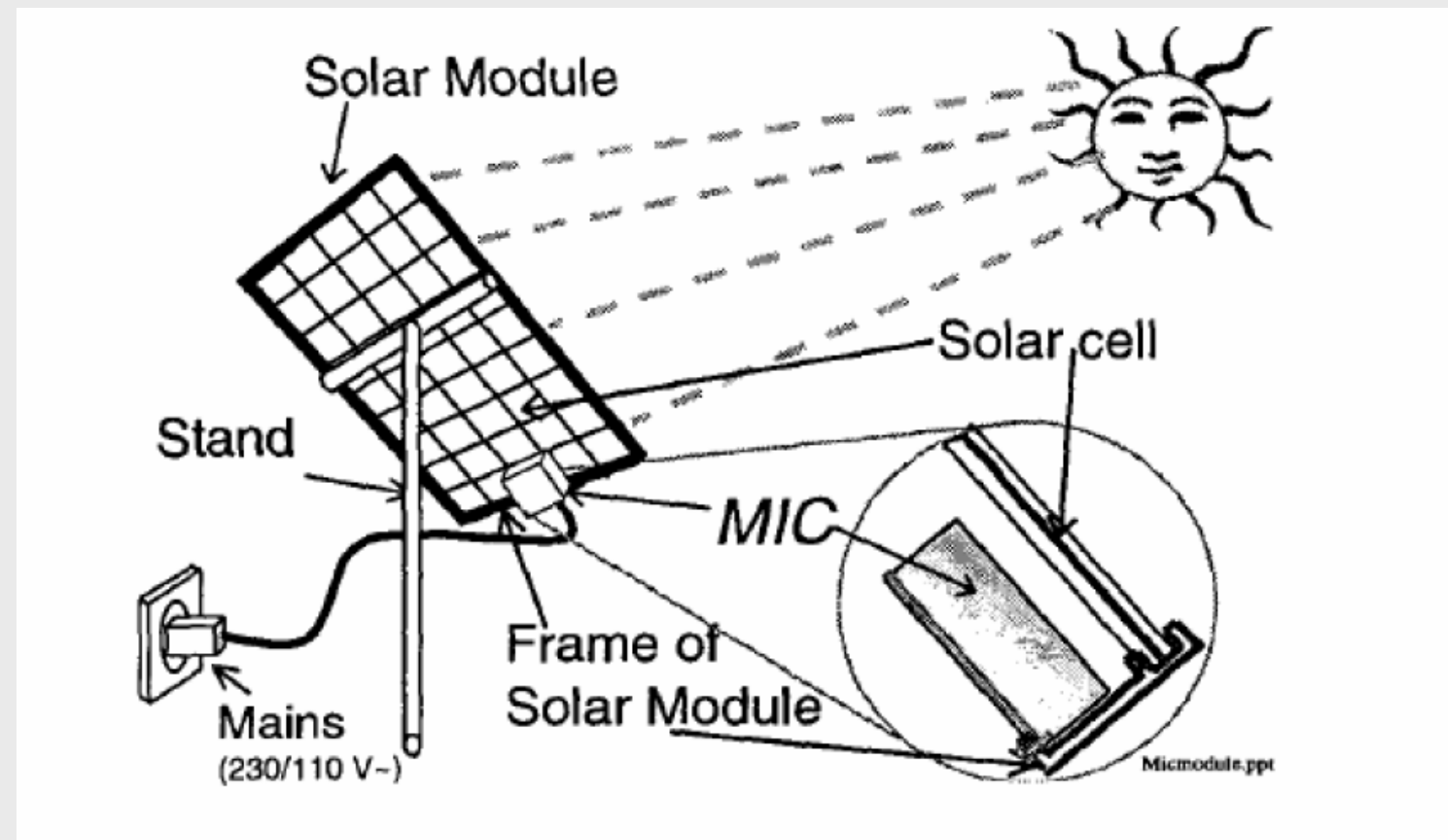
Conseguir que los sistemas fotovoltaicos sean mas sencillos de instalar.



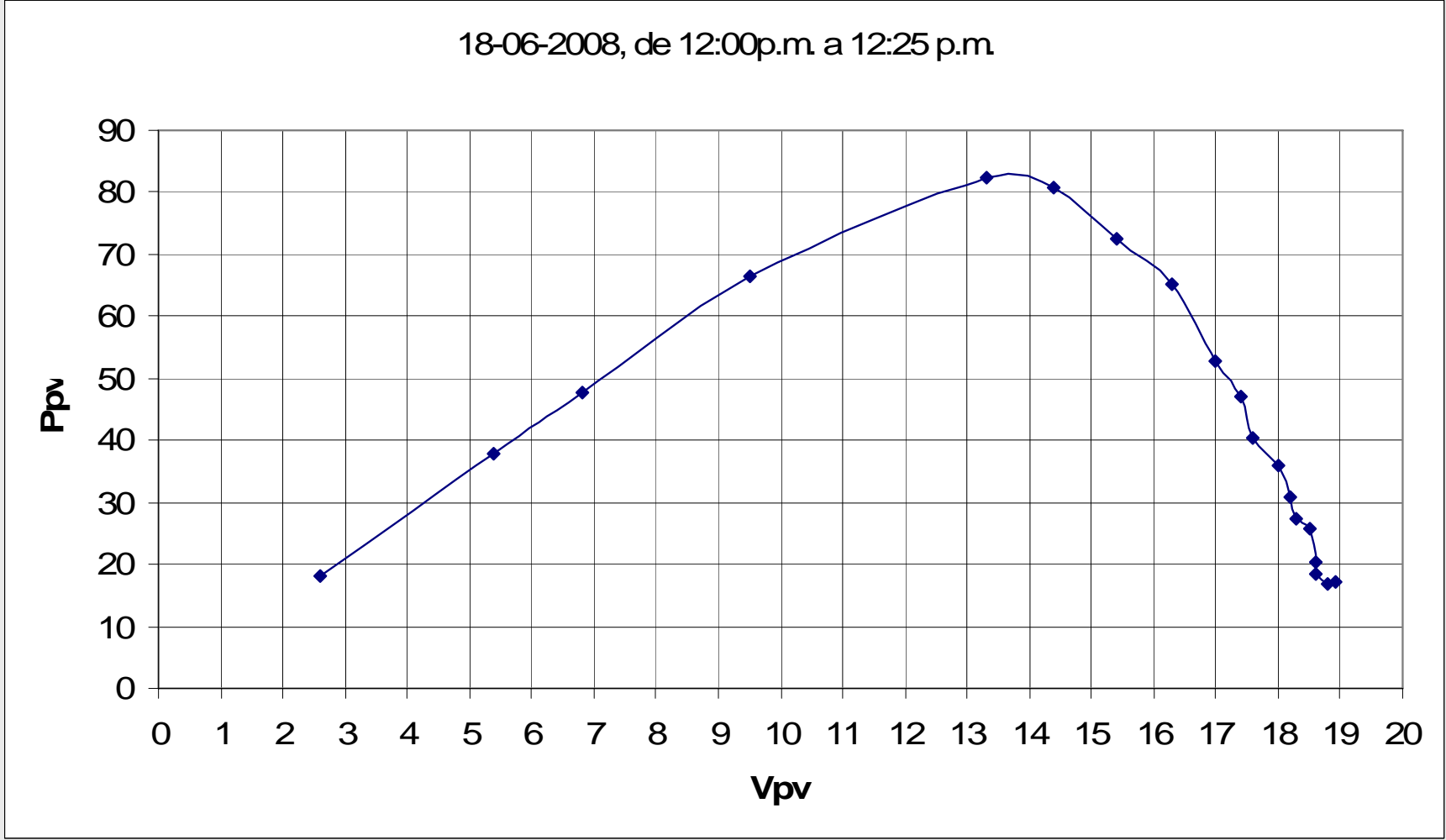
Modularidad

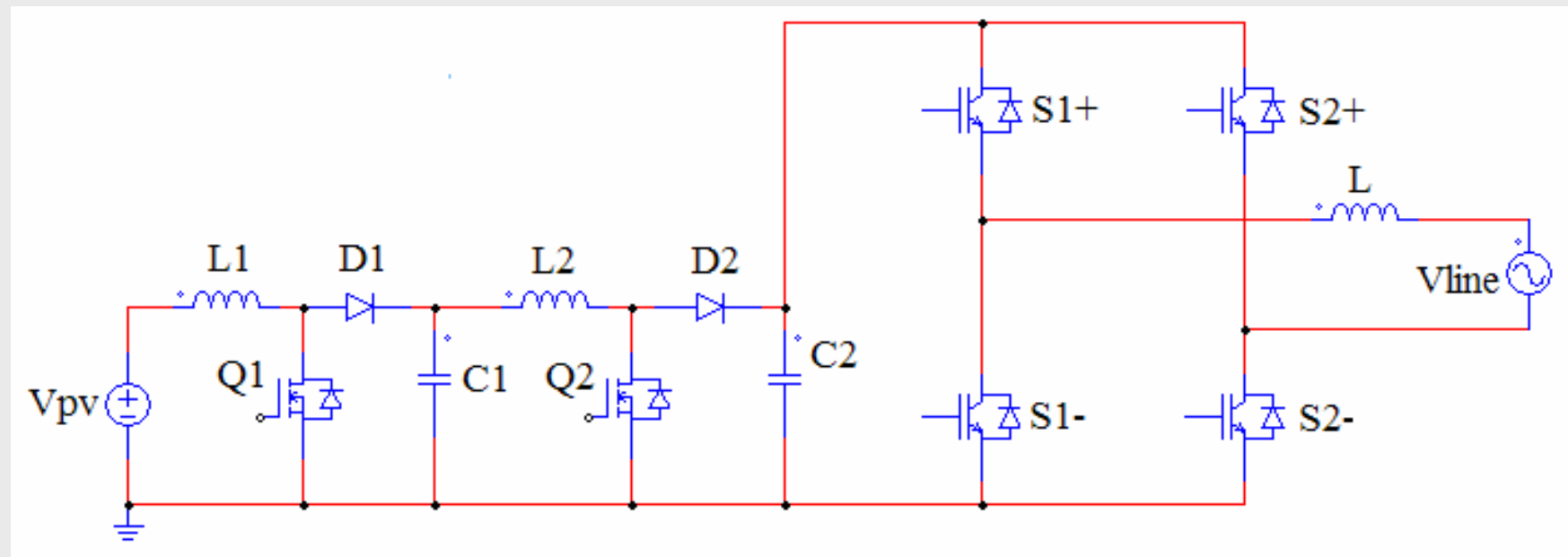


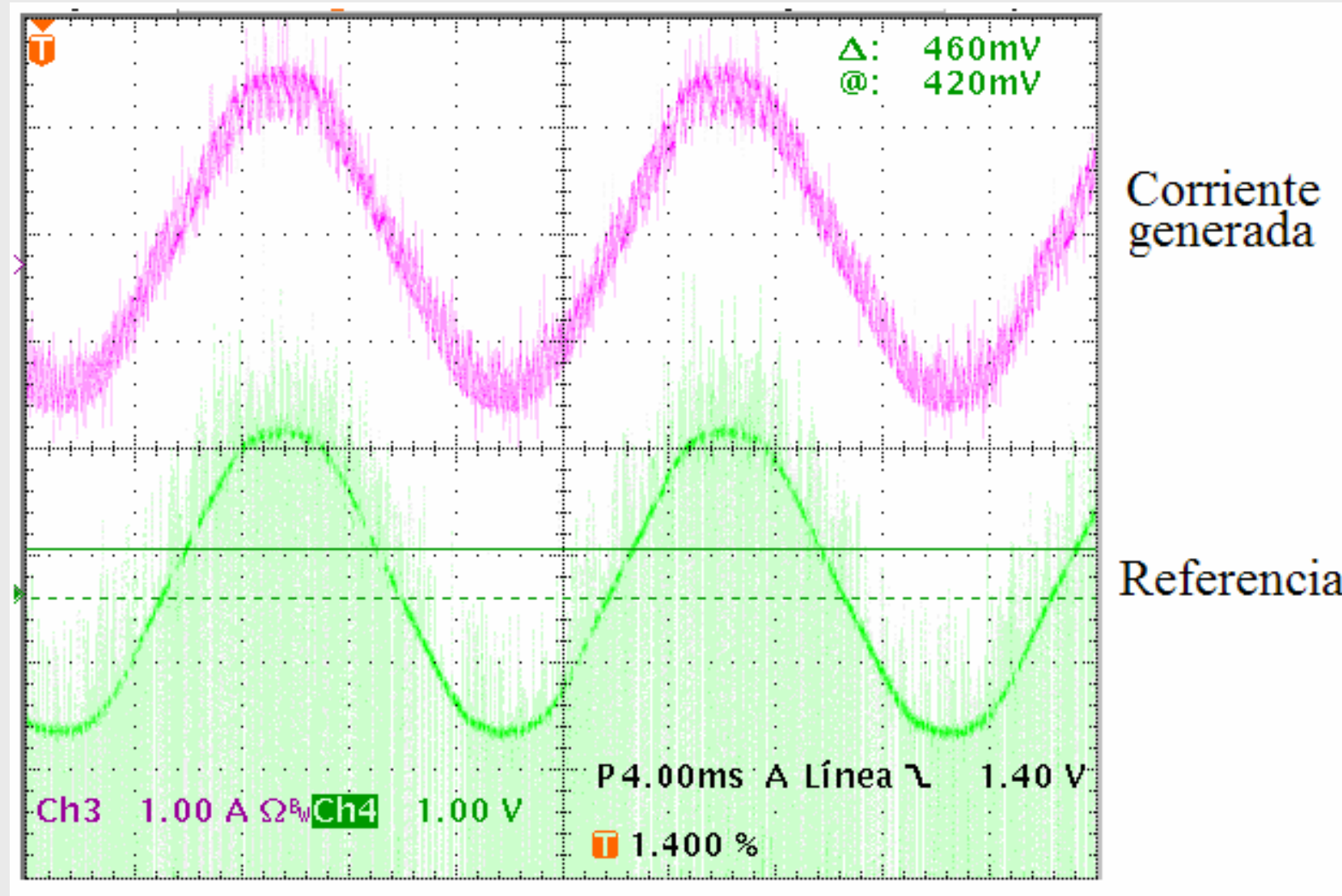
Incrementar la vida útil de la etapa de potencia.





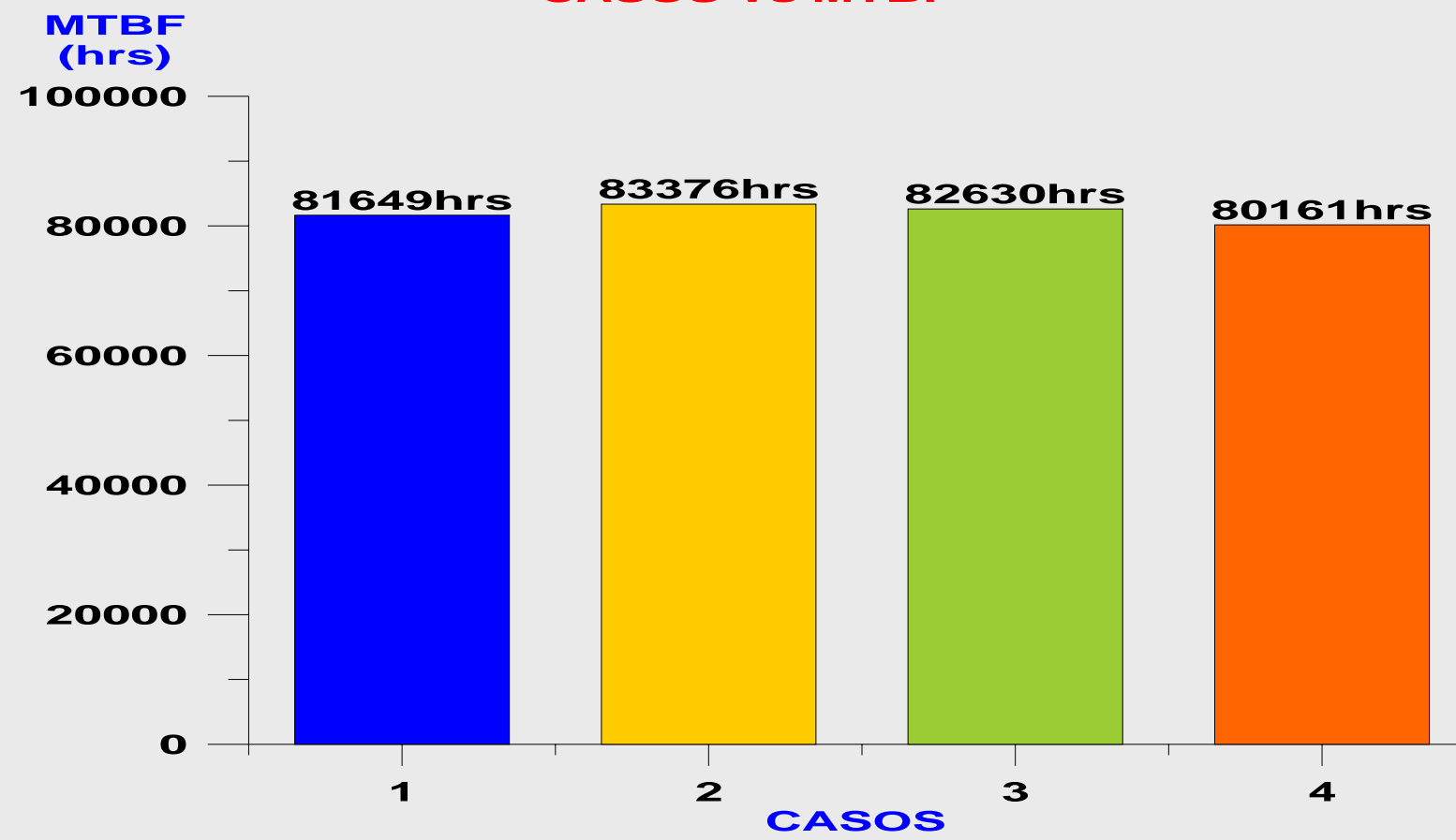




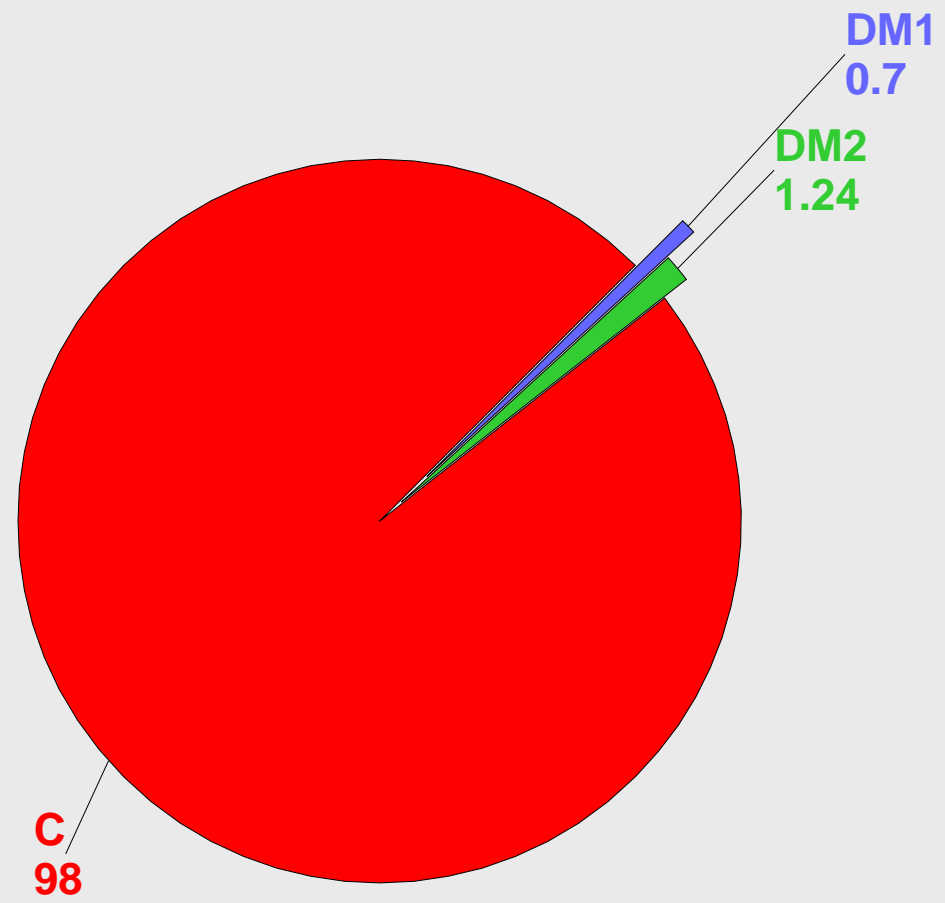


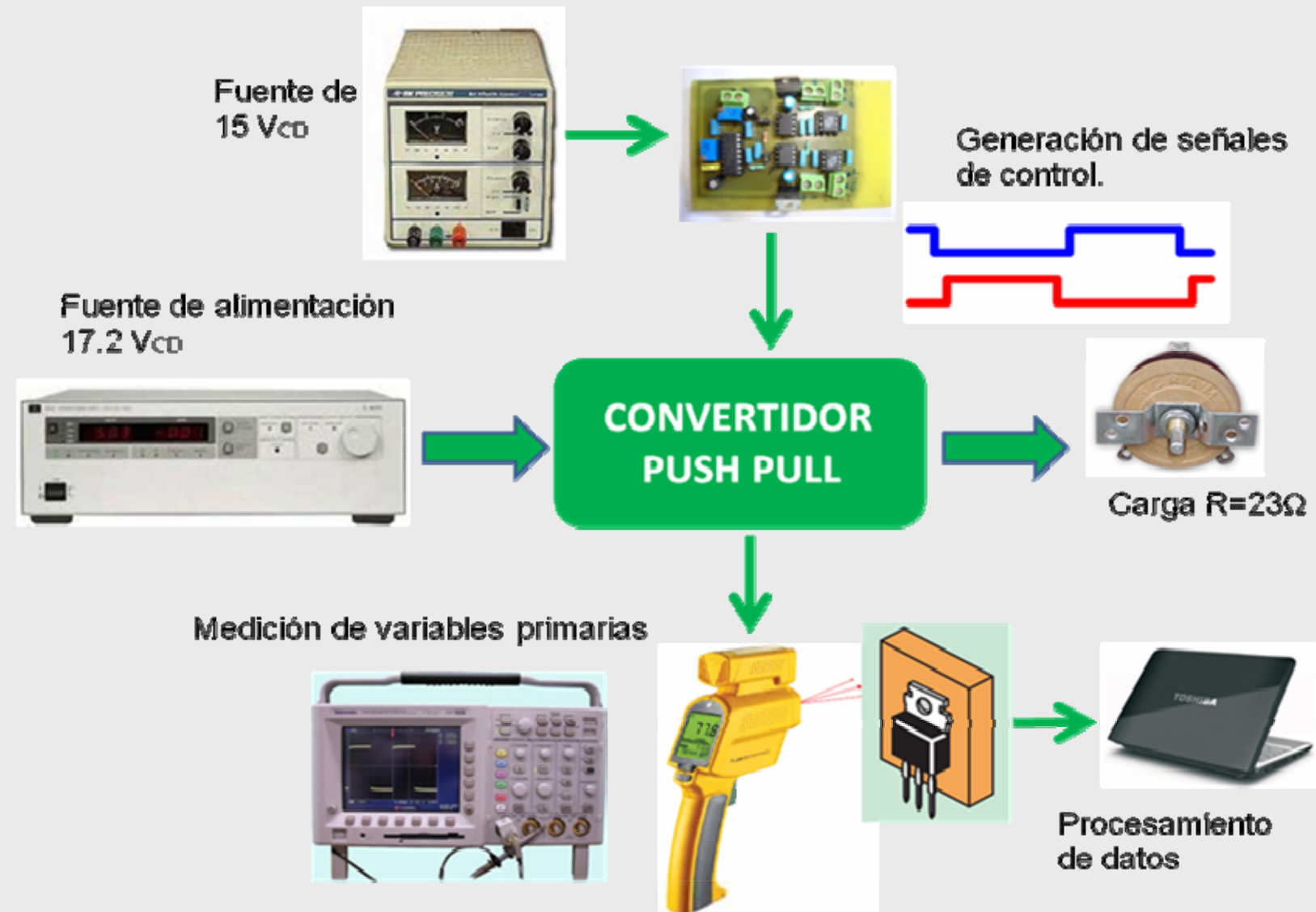
# **El asunto de la confiabilidad**

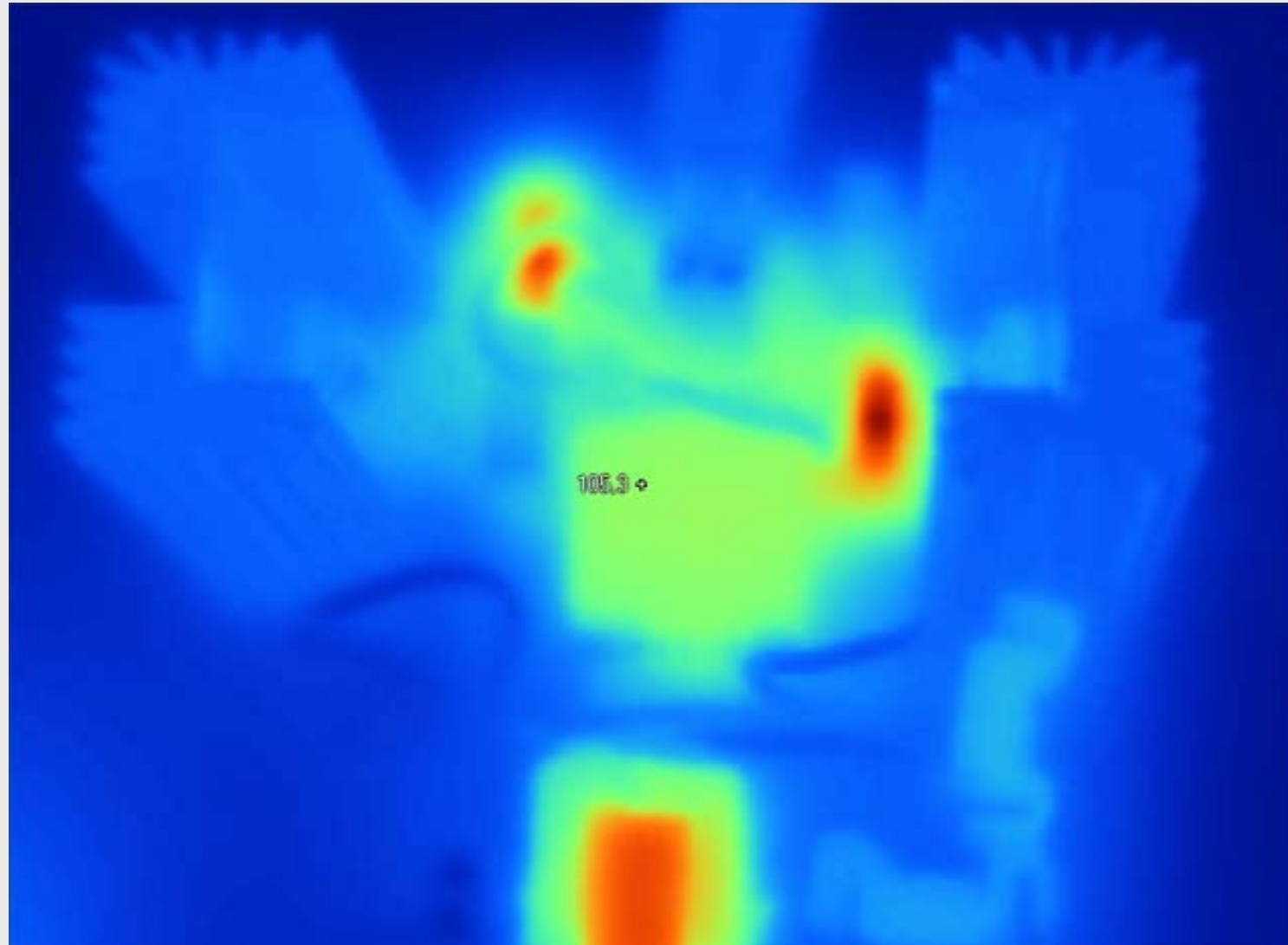
**CASOS Vs MTBF**



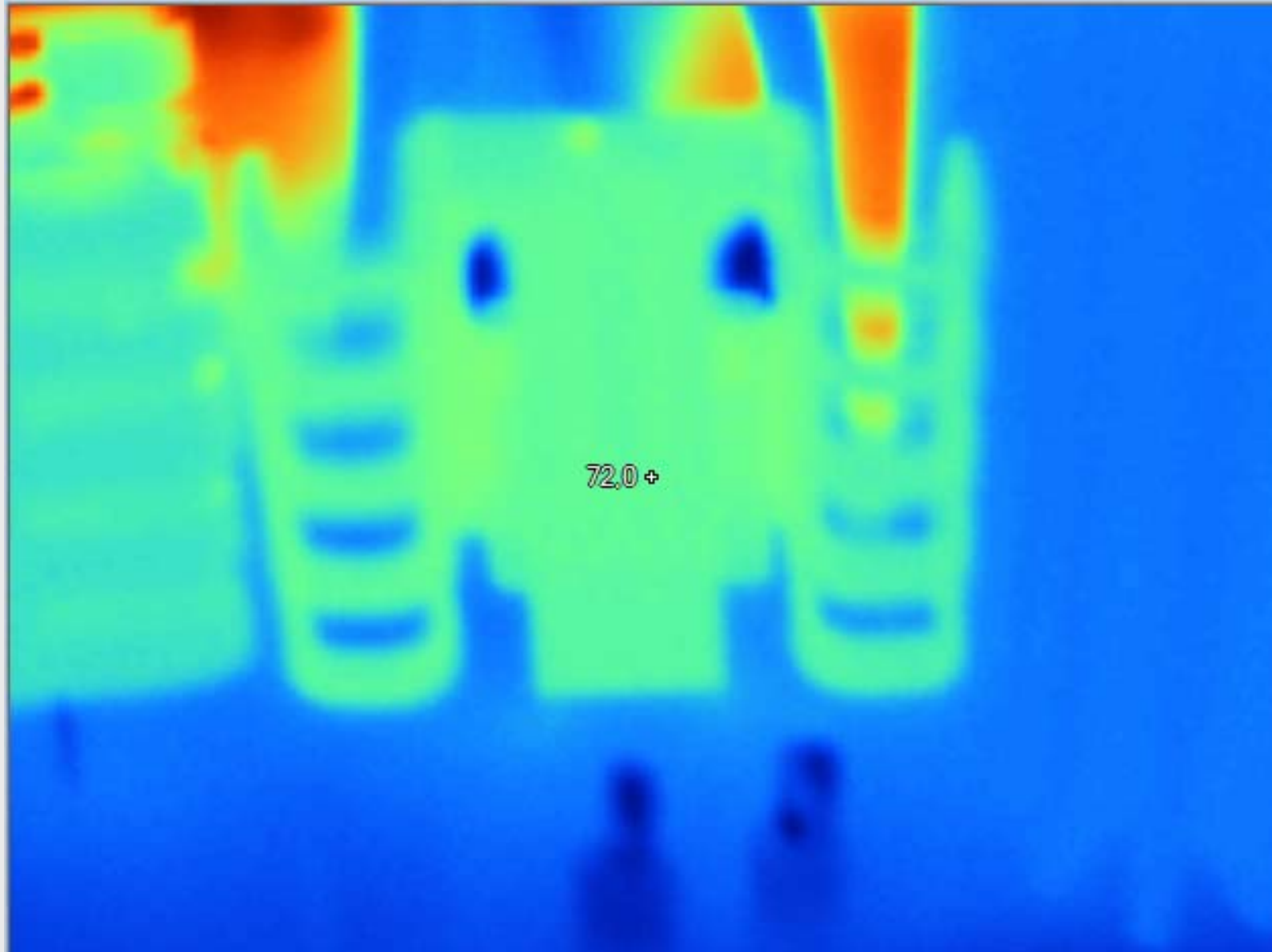
**CASO 4**  
**% Tasa de fallas**

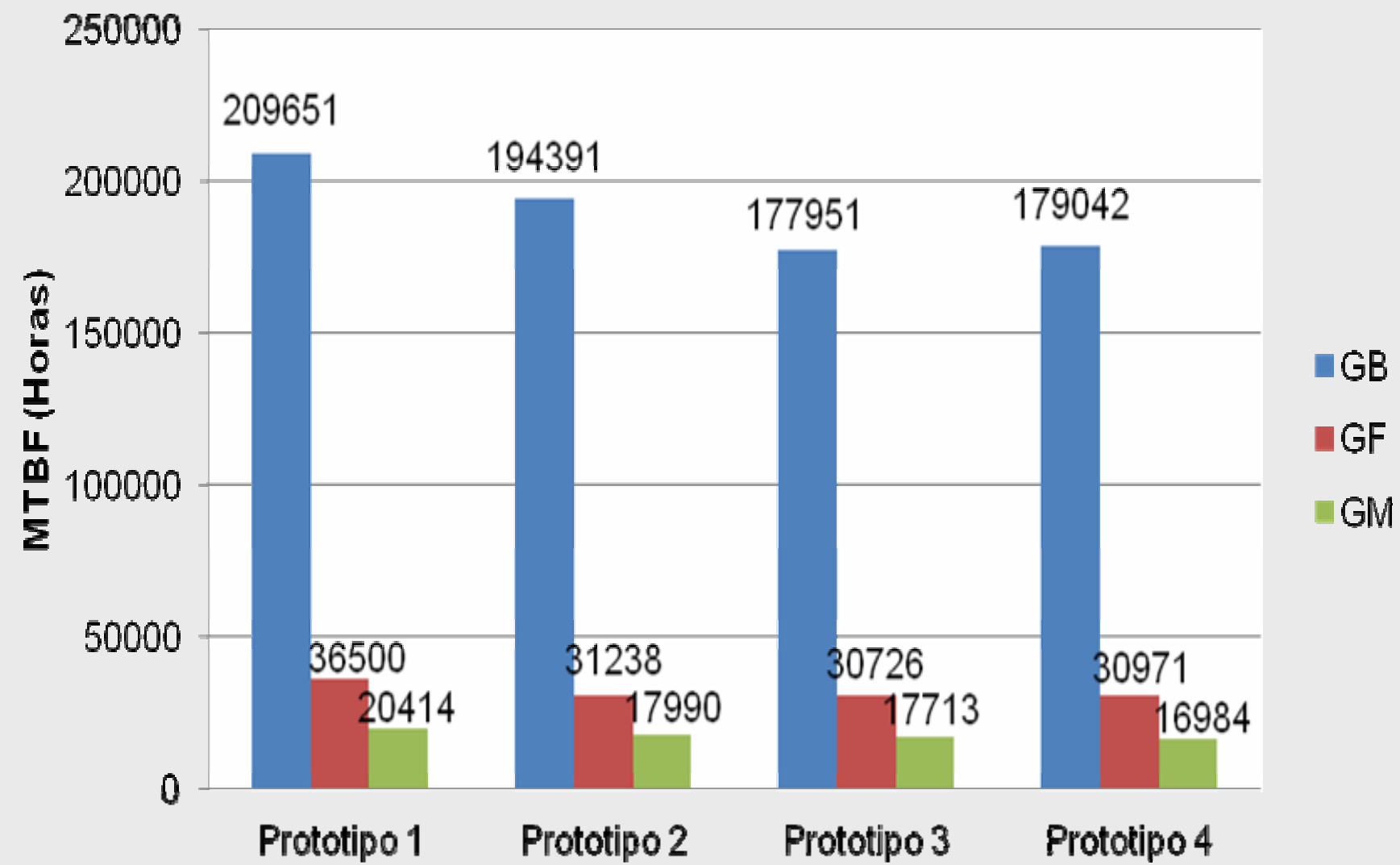




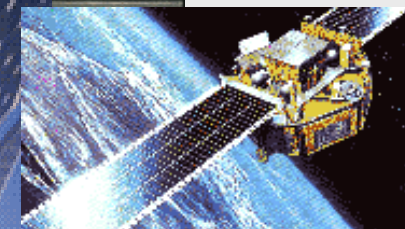
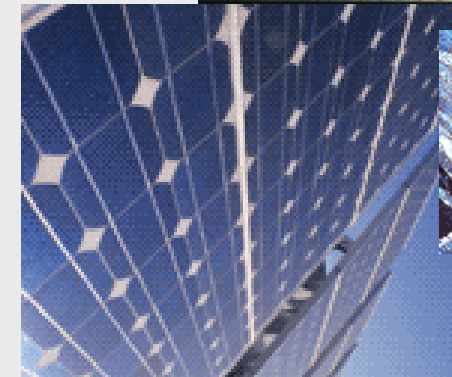








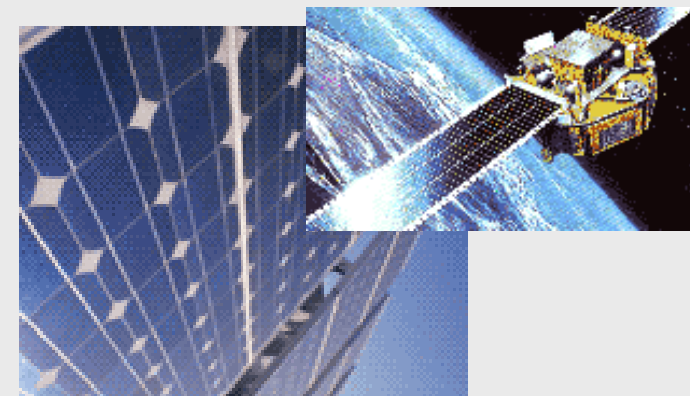
# ¿Cómo está el panorama de los sistemas fotovoltaicos?

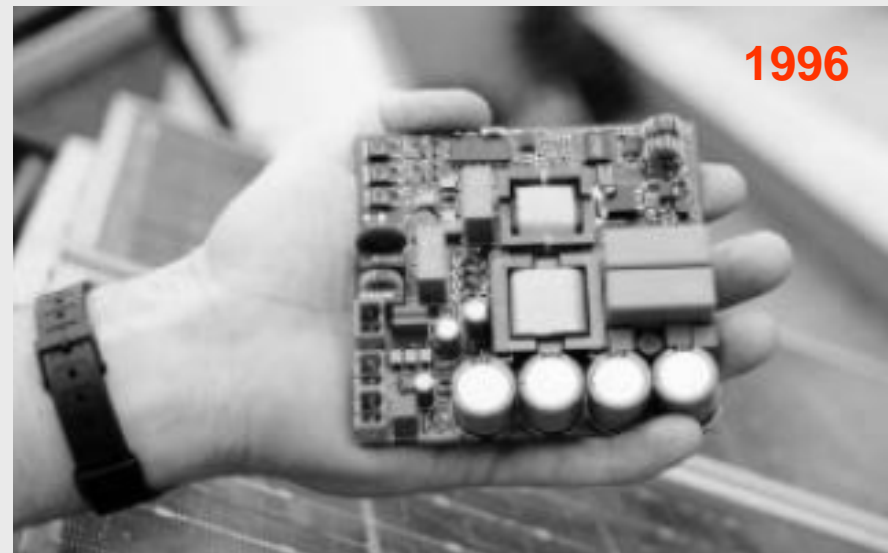


# Panorama

**Los sistemas con mayor demanda son los interconectados a red**

**La limitación principal en la vida útil reside en la etapa de potencia.**





**“Plug and play”**

**Diseños en alta frecuencia**

**Mejoras en confiabilidad**

**¿Con o sin transformador?**

**El transformador es responsable del 2% de las pérdidas, y del mayor porcentaje de peso/volumen**



# **INVERSOR DE NUEVA GENERACIÓN**

## **EFICIENCIA**

**ACTUALMENTE, LOS DISEÑOS CON TRANSFORMADOR TIENEN EFICIENCIAS DE ALREDEDOR DEL 95%.**

**LOS DISEÑOS SIN TRANSFORMADOR OFRECEN EFICIENCIAS MÁS ALTAS**



## **COSTO**

**SE TIENE COMO META UN COSTO DE  
\$0.2-0.3/W PARA EL AÑO 2020, LO QUE  
REPRESENTA UNA REDUCCIÓN DEL 50  
AL 75% DE SUS NIVELES ACTUALES**

## **CONFIABILIDAD**

**LO DESEABLE ES QUE EL INVERSOR DURE  
TANTO COMO EL RESTO DEL SISTEMA (25  
AÑOS)**

**SE JUZGA IMPROBABLE ALCANZAR ESTA  
META EN UN FUTURO CERCANO**

## **TECNOLOGÍA DE COMUNICACIONES**

**SE USARÁ UN ESTÁNDAR UNIVERSAL PARA  
TRANSMITIR INFORMACIÓN DEL SISTEMA, A  
FIN DE RESPALDAR LA ESTABILIDAD DE LA  
RED ELÉCTRICA**

**¿Qué tan lejos se  
puede llegar con un  
manejo eficaz de la  
energía?**



***cenidet***

Centro Nacional de Investigación y  
Desarrollo Tecnológico

**Hugo Calleja**  
[hcalleja@cenidet.edu.mx](mailto:hcalleja@cenidet.edu.mx)

**Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico**  
**Departamento de electrónica**  
[www.cenidet.edu.mx](http://www.cenidet.edu.mx)