

# ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA: DISEÑO DE SFA

OSCAR PERPIÑÁN LAMIGUEIRO

# ÍNDICE

## 1 DIMENSIONADO DEL SFA

## 2 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO

# NOMENCLATURA

CONSUMO:  $L$

PROBABILIDAD DE PÉRDIDA DE CARGA: relación entre la energía que no puede suministrar el sistema fotovoltaico y la energía solicitada por la carga durante todo el período de funcionamiento.

$$LLP = \frac{E_{def}}{L}$$

# NOMENCLATURA

**CAPACIDAD DEL GENERADOR:** relación entre los valores medios de la energía que puede producir el generador y la energía consumida por la carga.

$$C_A = \frac{\eta_G \cdot A_G \cdot \overline{G_d}(\beta, \alpha)}{L}$$

**CAPACIDAD DE ACUMULACIÓN:** relación entre la capacidad útil del acumulador y la energía consumida por la carga.

$$C_s = \frac{C_U}{L} = \frac{C_B \cdot PD_{max}}{L}$$

# DIMENSIONADO

- Diferentes valores de  $(C_A, C_S)$  pueden conducir al mismo valor de  $LLP$ .
- Cuanto mayor es el sistema, mayor es la fiabilidad, pero mayor es el coste.

**La tarea de dimensionar un sistema fotovoltaico consiste en encontrar la mejor solución de compromiso entre coste y fiabilidad.**

# CICLADO DIARIO Y ESTACIONAL

- El **ciclado diario** es la serie de cargas y descargas de la batería que se producen durante un periodo diario.
  - $PD_d$ , está relacionada con el consumo nocturno,  $L_n$ , y por tanto exclusivamente con la capacidad de la batería:  

$$PD_d = \frac{L_n}{C_B}$$
- El **ciclado estacional** es la serie de cargas y descargas que se producen durante un periodo prolongado de duración variable
  - La duración,  $D$ ,  $PD_e$ , están ligados al tamaño del generador, al consumo diario (diurno y nocturno) y a la radiación disponible.
  - La batería debe proporcionar la energía necesaria pero  $PD_e < PD_{max}$ .

# CICLADO DIARIO Y ESTACIONAL

- La **combinación de  $C_A$  alta y  $C_S$  baja** conduce a ciclados diarios con valores altos de  $PD_d$  con ciclados estacionales cortos.
  - Las descargas profundas y frecuentes asociadas al valor alto de  $PD_d$  son perjudiciales para la batería,
  - La corta longitud de los ciclados estacionales es beneficiosa.
  - La estratificación será fácilmente compensable con sobrecargas controladas aplicando el mantenimiento adecuado.

# CICLADO DIARIO Y ESTACIONAL

- La **combinación de  $C_A$  baja y  $C_S$  alta** conduce a ciclados diarios con baja  $PD_d$  y ciclados estacionales largos.
  - La baja  $PD_d$  es beneficiosa para la batería,
  - La longitud de los ciclados estacionales puede favorecer la sulfatación y la estratificación.
  - Dado el tamaño relativo del generador frente al acumulador, la frecuencia de sobrecargas será baja y la estratificación no será tan fácilmente compensada.



# MÉTODOS DE DIMENSIONADO

**MÉTODO DEL LLP:** a partir de simulaciones o de curvas de isofiabilidad, establece los valores de  $C_A$  y  $C_S$  para un consumo determinado.

**MÉTODO DEL MES PEOR:** selecciona el tamaño de batería y generador para abastecer el consumo durante el mes con peor relación entre radiación y consumo (en los casos de consumo constante, el mes peor es aquel de menor radiación). El tamaño de batería y generador se selecciona en base a la experiencia acumulada según la zona geográfica y la aplicación a abastecer.

# MÉTODO DEL LLP

## SUPOSICIONES

- El consumo es constante a lo largo del año
- Todo el consumo ocurre por la noche
- Los componentes del sistema FV no tienen pérdidas (incluidas dentro de  $C_A$  y  $C_S$ ) y lineales.

# MÉTODO DEL LLP

## SIMULACIÓN DEL SISTEMA

$$SOC_j = \min[SOC_{j-1} + \frac{C_A \cdot G_{d,j}}{C_s \cdot \overline{G_d}} - \frac{1}{C_s}; 1]$$

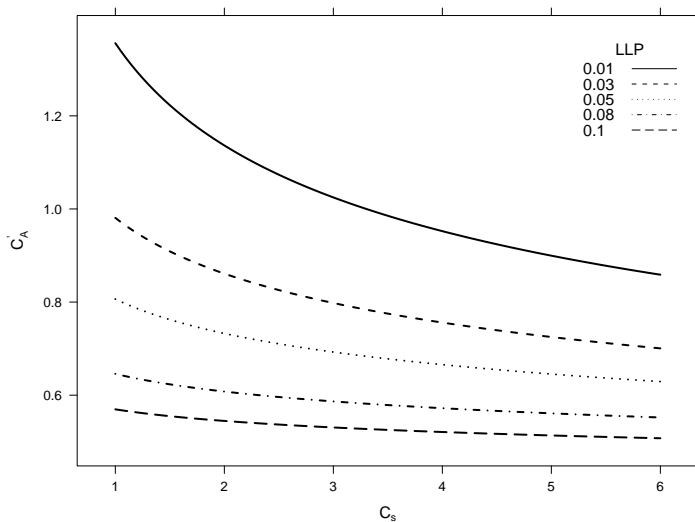
$$E_{def} = \max\{\frac{1}{C_s} - SOC_j; 0\}$$

Se considera que hay deficit de energía cuando la almacenada al final del día ( $SOC_j \cdot C_s \cdot L$ ) no es suficiente para abastecer el consumo diario ( $L$ ). Es decir,

$$SOC_j \cdot C_s \cdot L < L \Rightarrow \frac{1}{C_s} - SOC_j > 0$$

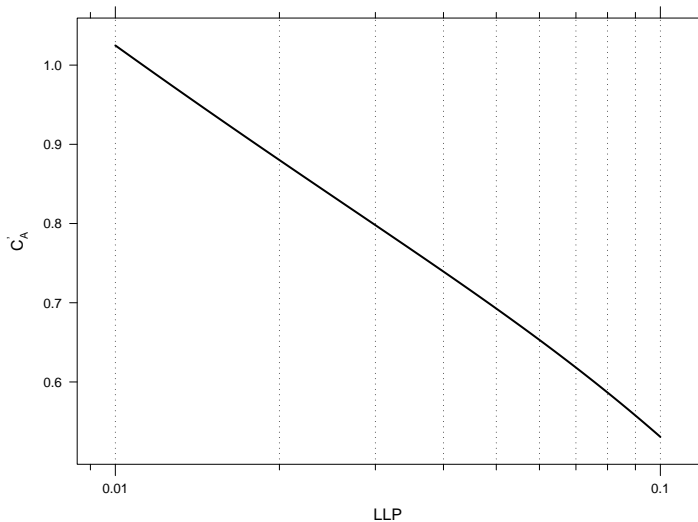
$$LLP = \frac{\sum_1^N E_{def}}{N \cdot L}$$

# MÉTODO DE LLP



# RELACIÓN ENTRE $C'_A$ Y LLP

$$C_s = 3$$



# MÉTODO DEL LLP

Es posible ajustar las curvas isofiables a una ecuación analítica:

$$C'_A = f \cdot C_s^{-u}$$

donde  $f$  y  $u$  son dos parámetros sin significado físico, dependientes del lugar y del LLP deseado. Para su determinación es necesario realizar varias simulaciones previas.

# MÉTODO DE LLP

- Este proceso de cálculo se apoya en series de valores de radiación solar que reproducen el comportamiento estadístico de la irradiación.
- Predicción del comportamiento del sistema limitada por la incertidumbre asociada.
- Los ejercicios de cálculo para probabilidades de pérdida de carga inferiores a  $LLP = 1 \times 10^{-2}$  carecen de utilidad.

“[...] los modelos de simulación muy exactos pueden proporcionar números también muy exactos, pero ello no significa que se traduzcan automáticamente en predicciones también muy exactas.”

# MÉTODO DEL MES PEOR

## VALORES SEGÚN EL UTS FOR SHS

ELECTRIFICACIÓN RURAL:  $C_A = 1,1$  y  $3 \leq C_S \leq 5$

APLICACIONES PROFESIONALES:  $1,2 \leq C_A \leq 1,3$  y  $5 \leq C_S \leq 8$

## VALORES DE COMÚN USO EN ESPAÑA

Zona	Aplicación			
	Doméstica		Profesional	
	$C_A$	$C_S$	$C_A$	$C_S$
Norte de España	1.2	5	1.3	8
Sur de España	1.1	4	1.2	6



# CONFIGURACIÓN DE GENERADOR Y BATERÍA

Una vez elegidos los valores de  $C_A$  y  $C_S$ , se deben configurar el generador y batería de acuerdo a las tensiones de trabajo. En general, la batería impone la tensión de trabajo (no hay buscador de MPP). Supondremos  $V_{mpp} \simeq V_b$

$$\begin{aligned} L &= V_b \cdot Q_L \\ \eta_G \cdot A_G \cdot G_{stc} &= I_g^* \cdot V_b \end{aligned}$$

# CONFIGURACIÓN DE GENERADOR Y BATERÍA

y por tanto:

$$I_g^* = \frac{C_A \cdot Q_L \cdot G_{stc}}{\overline{G_d}(\beta, \alpha)}$$

$$Q_B = C_S \cdot Q_L$$

siendo  $Q_L$  la carga a satisfacer en amperios-hora, y  $Q_B$  la capacidad útil de la batería en amperios-hora.

## INCLINACIÓN DEL GENERADOR

- Para instalaciones con **consumos constantes o similares a lo largo del año**, se busca maximizar la radiación en los meses de menor insolación

$$\beta = |\phi| + 10^\circ$$

- Para instalaciones con **consumo menor en meses de baja radiación** se busca maximizar radiación en equinoccios.

$$\beta = |\phi|$$

- Para instalaciones con **uso predominante en verano** (hemisferio Norte) conviene emplear un ángulo inferior a la latitud.

$$\beta = |\phi| - 10^\circ$$

- En general, la inclinación **debe superar** los  $15^\circ$ .

# ÍNDICE

1 DIMENSIONADO DEL SFA

2 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO

# CÁLCULO DEL CONSUMO

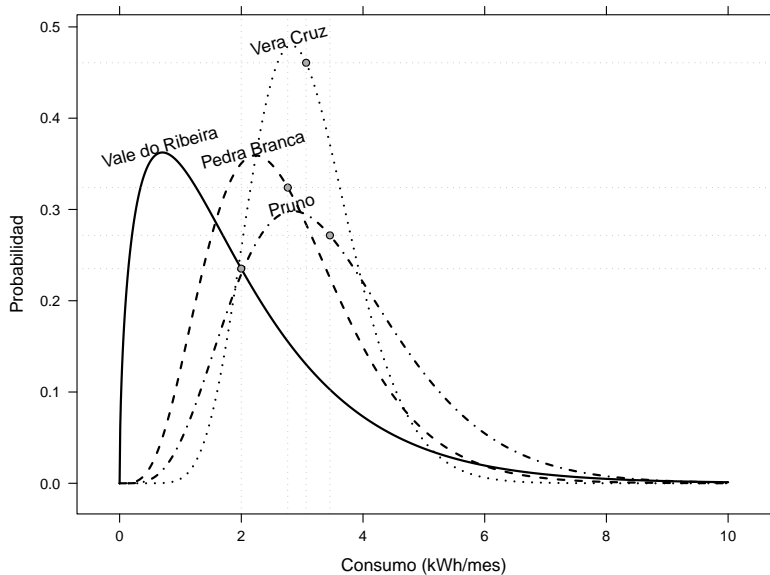
$$L_T = \frac{L_{dc}}{\eta_r} + \frac{L_{ac}}{\eta_{inv}}$$

$$L = \frac{L_T}{\eta_{bat} \cdot \eta_c}$$

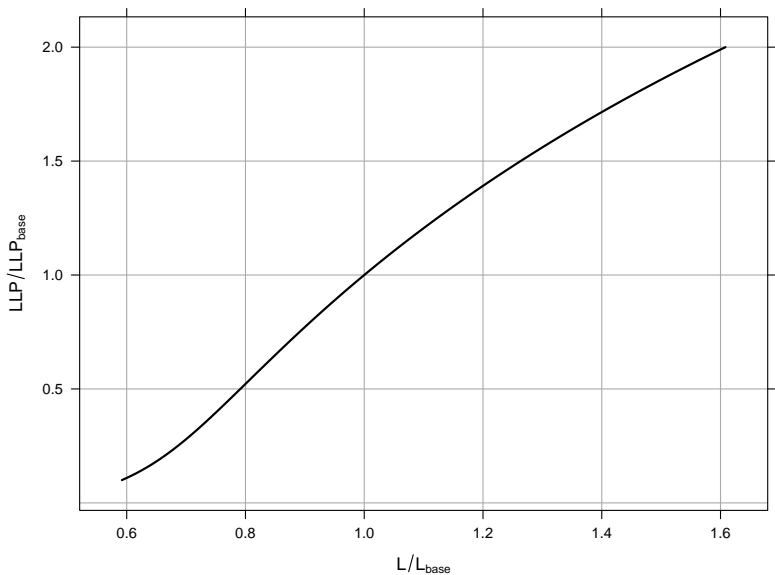
Como valores orientativos pueden utilizarse

$$\eta_{inv} = 0,9, \eta_r = 0,95, \eta_{bat} = 0,85 \text{ y } \eta_c = 0,98.$$

# DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO



# RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO Y LA FIABILIDAD



# ESCENARIOS DE CONSUMO

Aplicación	Hipótesis de consumo	Criterio de dimensionado
SHS1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Iluminación</li> <li>● Radio</li> <li>● TV b/n,</li> <li>● Sin frigorífico:</li> <li>● 120 Wh/día</li> </ul>	$C_A = 1,1$ $3 \leq C_s \leq 5$



# ESCENARIOS DE CONSUMO

Aplicación	Hipótesis de consumo	Criterio de dimensionado
SHS2		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Iluminación</li> <li>● Radio</li> <li>● TV color</li> <li>● Sin frigorífico</li> <li>● 250 Wh/día</li> </ul>	$C_A = 1,1$ $3 \leq C_s \leq 5$

# ESCENARIOS DE CONSUMO

Aplicación	Hipótesis de consumo	Criterio de dimensionado
SHS3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Iluminación</li> <li>● radio</li> <li>● TV color</li> <li>● Con frigorífico eficiente</li> <li>● 1000 Wh/día</li> </ul>	$C_A = 1,1$ $C_S = 5$

# ESCENARIOS DE CONSUMO

Aplicación	Hipótesis de consumo	Criterio de dimensionado
<hr/>		
Centrales	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Todo AC</li> <li>● 500 Wh/día por vivienda.</li> </ul>	$C_A = 1,1$ $C_S = 5$
<hr/>		