

# Sistemas Fotovoltaicos Autónomos

## Diseño

Oscar Perpiñán Lamigueiro  
<http://oscarperpinan.github.io>

Dimensionado del SFA

Consumo

- ▶ El dimensionado de un SFA consiste en **decidir el tamaño del generador fotovoltaico y acumulador** que serán capaces de **proporcionar la energía requerida** por una determinada carga a partir de la **radiación disponible** en la zona.
- ▶ Debido al comportamiento aleatorio tanto de la radiación como del consumo, la **probabilidad de fallo no es nula**.
- ▶ La solución es un compromiso entre el coste y la fiabilidad del sistema.

Dimensionado del  
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador  
y batería

Consumo

## Dimensionado del SFA

### Nomenclatura

### Objetivo

### Ejemplos

### Métodos de dimensionado

### Configuración de generador y batería

## Consumo

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.

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

Dimensionado del  
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador  
y batería

Consumo

# Capacidades normalizadas

**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 del SFA

Nomenclatura

**Objetivo**

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador y batería

Consumo

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

- ▶ 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.

Dimensionado del  
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador  
y batería

Consumo



## Dimensionado del SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador y batería

Consumo

# Generador grande, acumulador pequeño

Sistemas  
Fotovoltaicos  
Autónomos

Oscar Perpiñán  
Lamigueiro  
[http://  
oscarperpinan.  
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ La **combinación de  $C_A$  alta y  $C_S$  baja** conduce a ciclados diarios con descargas profundas y ciclados estacionales cortos.
  - ▶ Las descargas profundas y frecuentes 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.

Dimensionado del  
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado  
Configuración de generador  
y batería

Consumo

# Generador pequeño, acumulador grande

Sistemas  
Fotovoltaicos  
Autónomos

Oscar Perpiñán  
Lamigueiro  
[http://  
oscarperpinan.  
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ La **combinación de  $C_A$  baja y  $C_S$  alta** conduce a ciclados diarios con descargas moderadas y ciclados estacionales largos.
  - ▶ La baja profundidad de descarga 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.

Dimensionado del  
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado  
Configuración de generador  
y batería

Consumo

- ▶ Cuando *LLP* es muy alta (p.e. radioenlaces) o la demanda es muy elevada (poblados) el generador y acumulador serán excesivamente grandes.
- ▶ Es habitual incluir un grupo electrógeno que suministra la energía deficitaria y permite reducir el tamaño del SFA.
- ▶ Sinergia:
  - ▶ El grupo electrógeno reduce el tamaño del generador FV y el acumulador sin reducir fiabilidad.
  - ▶ El generador fotovoltaico reduce horas de funcionamiento del grupo: gasto en combustible y mantenimiento.

## Dimensionado del SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

**Métodos de dimensionado**

Configuración de generador y batería

Consumo

## 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

- ▶ Determina el tamaño de batería y generador para abastecer el consumo durante el mes con peor relación entre radiación y consumo.
- ▶ Si el consumo es constante, el mes peor es aquel de menor radiación.
- ▶ Recomendaciones de expertos según zona geográfica y aplicación (tipología de consumo).

# Método del LLP

Sistemas  
Fotovoltaicos  
Autónomos

Oscar Perpiñán  
Lamigueiro  
[http://  
oscarperpinan.  
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

## Dimensionado del SFA

Nomenclatura

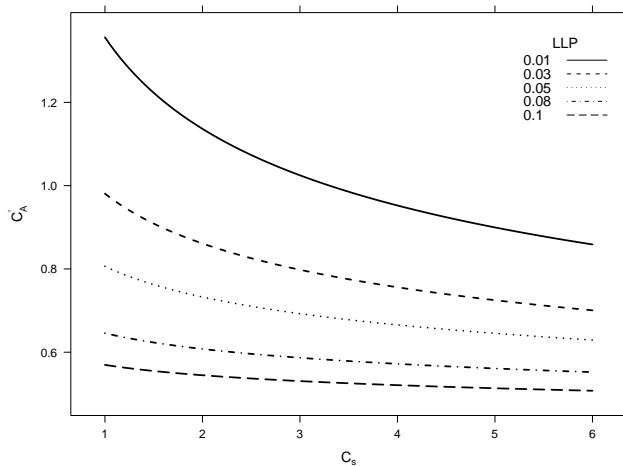
Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

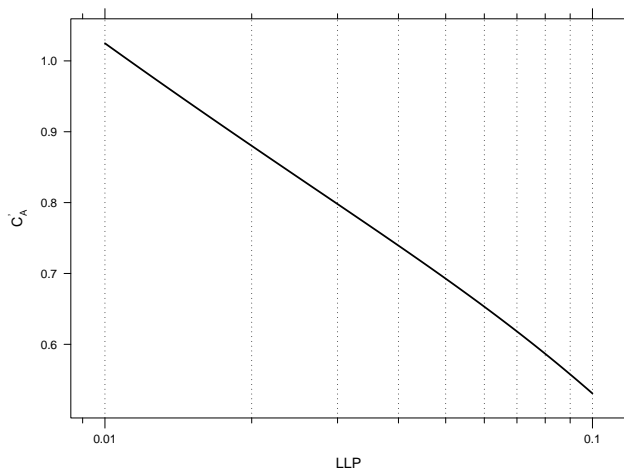
Configuración de generador  
y batería

## Consumo



# Relación entre tamaño de generador y LLP

►  $C_s = 3$



Sistemas  
Fotovoltaicos  
Autónomos

Oscar Perpiñán  
Lamigueiro  
[http://  
oscarperpinan.  
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Dimensionado del  
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador  
y batería

Consumo



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

## Recordatorio

«[...] 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

Sistemas  
Fotovoltaicos  
Autónomos

Oscar Perpiñán  
Lamigueiro  
[http://  
oscarperpinan.  
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

## Valores según el UTS for SHS

- ▶ Electrificación rural:
  - ▶  $C_A = 1.1$
  - ▶  $3 \leq C_S \leq 5$
- ▶ Aplicaciones profesionales:
  - ▶  $1.2 \leq C_A \leq 1.3$
  - ▶  $5 \leq C_S \leq 8$

Dimensionado del  
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador  
y batería

Consumo

## Dimensionado del SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador y batería

Consumo

# Configuración de generador y batería

Sistemas  
Fotovoltaicos  
Autónomos

Oscar Perpiñán  
Lamigueiro  
[http://  
oscarperpinan.  
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- 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  $V_{mpp} \simeq V_b$
- Carga en Ah

$$Q_L = L/V_b$$

Dimensionado del  
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador  
y batería

Consumo

- Capacidad en Ah (es recomendable no usar baterías en paralelo)

$$Q_B = \frac{C_S \cdot Q_L}{PD}$$

- Hay que elegir el número de vasos en serie adecuados a  $V_b$

Dimensionado del  
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador  
y batería

Consumo

- Capacidad del generador

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

- Corriente de funcionamiento (determina número de ramas)

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

- Hay que elegir el número de módulos en serie adecuados a  $V_b$

# 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  $15^\circ$ .

Dimensionado del SFA

Consumo



Dimensionado del SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo

- Energía total requerida por las cargas

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

- Energía producida por el generador

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

Como valores orientativos pueden utilizarse

$\eta_{inv} = 0.9$ ,  $\eta_r = 0.95$ ,  $\eta_{bat} = 0.85$  y  $\eta_c = 0.98$ .

# Distribución del consumo

Sistemas  
Fotovoltaicos  
Autónomos

Oscar Perpiñán  
Lamigueiro

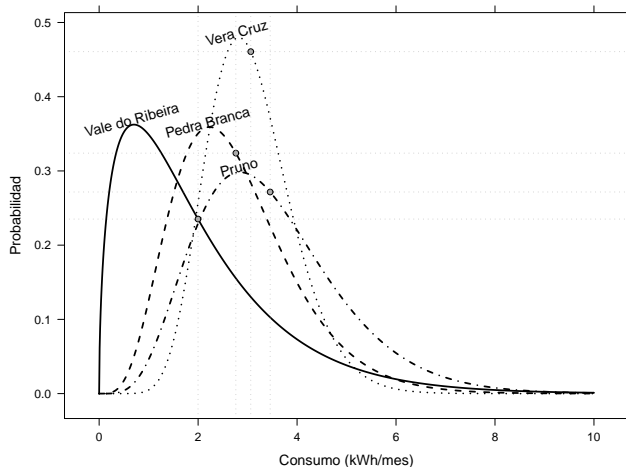
[http://  
oscarperpinan.  
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Dimensionado del  
SFA

Consumo

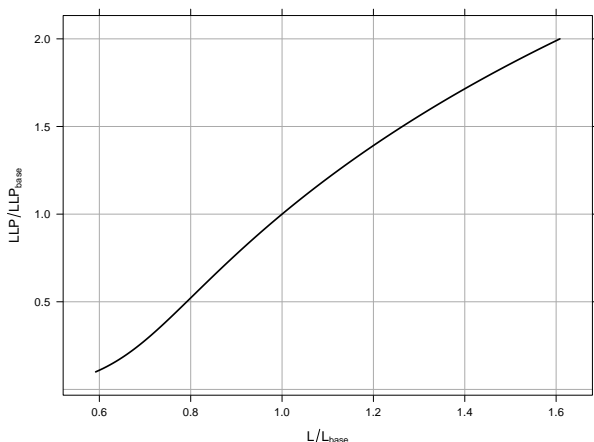
Estimación del consumo

Escenarios de Consumo



# Relación entre el consumo y la fiabilidad

- ▶ La variación en el consumo se amplifica en la variación de la LLP.
- ▶ Diseño robusto: funcionamiento en amplio abanico de condiciones (ambientales y humanas).



Dimensionado del SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo

120 Wh/día

- ▶ Iluminación
- ▶ Radio
- ▶ TV b/n,
- ▶ Sin frigorífico

Dimensionado del  
SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo

Valores recomendados

$$C_A = 1.1$$
$$3 \leq C_s \leq 5$$

## 250 Wh/día

- ▶ Iluminación
- ▶ Radio
- ▶ TV color
- ▶ Sin frigorífico

Dimensionado del  
SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo

## Valores recomendados

$$C_A = 1.1$$
$$3 \leq C_s \leq 5$$

## 1000 Wh/día

- ▶ Iluminación
- ▶ radio
- ▶ TV color
- ▶ Con frigorífico eficiente

Dimensionado del  
SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo

## Valores recomendados

$$C_A = 1.1$$

$$C_S = 5$$



- ▶ Todo AC
- ▶ 500 Wh/día por vivienda.

Dimensionado del  
SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo

## Valores recomendados

$$C_A = 1.1$$

$$C_S = 5$$