

5. Dimensionamiento de sistemas autónomos.

CASO PRÁCTICO 1:

Dimensionamiento de la alimentación del sistema electrónico mediante energía solar fotovoltaica

Se desea alimentar mediante energía solar fotovoltaica y baterías de almacenamiento a un sistema de captación de imágenes multiespectrales LeddarVu, cuyos requerimientos de potencia son los siguientes:

- *Tensión de alimentación: 12 V*
- *Intensidad de entrada en reposo: 50 mA*
- *Intensidad de entrada en actividad: 2200 mA*

El sistema de alimentación debe estar preparado para funcionar en cualquier época del año en la ciudad de Alicante. No hay ningún tipo de restricción de espacio para colocar los elementos captadores y las baterías, que deben tener una autonomía de 3 días.

El LeddarVu debe tomar una imagen multiespectral cada minuto, tanto de día como de noche. El tiempo de captura de la imagen es de 30 segundos.

Entre los módulos solares y las baterías se colocará un regulador de carga adaptado al sistema y que no es necesario dimensionar.

- a) *Dimensione el parque de baterías necesarias a partir de la serie SOLARX del fabricante Xunzel. Razone la respuesta.*
- b) *Dimensione el campo fotovoltaico necesario para cargar las baterías seleccionadas en el apartado anterior a partir de la información mostrada por PVGIS. ¿Podríamos emplear paneles Mitsubishi MA100T2 de lámina delgada y 100W de potencia? Razone la respuesta.*



| Modelo | CAPACIDAD [Ah] -100% DOD (a 1.75V/celda) a 25°C | | |
|------------|---|-------|-------|
| | C20 | C100 | C120 |
| SOLARX-3 | 2.45 | 2.65 | 3.00 |
| SOLARX-8 | 7.00 | 7.87 | 8.00 |
| SOLARX-14 | 12.50 | 13.80 | 14.00 |
| SOLARX-30 | 26.00 | 29.20 | 30.00 |
| SOLARX-48 | 42.00 | 47.20 | 48.00 |
| SOLARX-78 | 68.30 | 76.70 | 78.00 |
| SOLARX-120 | 105 | 118 | 120 |
| SOLARX-240 | 210 | 236 | 240 |

Figura 1: Capacidades de las baterías de la serie Xunzel SOLARX

Monthly PV energy and solar irradiation

| Month | Em | Hm | SDm |
|-----------|-----|-----|------|
| January | 111 | 138 | 11.2 |
| February | 118 | 147 | 13.8 |
| March | 150 | 190 | 12.5 |
| April | 155 | 197 | 9.47 |
| May | 167 | 216 | 7.9 |
| June | 165 | 217 | 3.67 |
| July | 172 | 228 | 4.27 |
| August | 169 | 224 | 3.68 |
| September | 146 | 192 | 8.85 |
| October | 134 | 173 | 10.7 |
| November | 109 | 137 | 10.9 |
| December | 104 | 129 | 9.7 |

Em: Average monthly electricity production from the given system [kWh].

Hm: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SDm: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

Figura 2: Tabla PVGIS de producción fotovoltaica para 1 kW de material de tecnología de lámina delgada con inclinación optimizada en la ciudad de Alicante

SOLUCIÓN:

a) Primeramente calculemos el consumo diario de nuestro sistema de captación de imágenes. Para ello suponemos 24 horas funcionando en reposo, y un incremento de potencia de 2150 mA (ya que $2200 - 50 = 2150$) para los instantes de actividad:

Consumo en reposo: $12 \text{ V} \cdot 0,05 \text{ A} \cdot 24 \text{ h} = 0,6 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} = 14,4 \text{ Wh}$

Consumo en actividad: $12 \text{ V} \cdot 2,15 \text{ A} \cdot 24 \cdot (30 \text{ s} / 60 \text{ s}) \text{ h} = 12,9 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} = 309,6 \text{ Wh}$

Total: $14,4 + 309,6 = 324 \text{ Wh}$

Como suponemos una autonomía de 3 días para las baterías, éstas deben ser capaces de entregar al LeddarVu un total de $3 \cdot 324 \text{ Wh} = 972 \text{ Wh}$, que podemos redondear a 1 kWh. Esta será por tanto la energía que deben poder almacenar las baterías.

Conocida la energía almacenable en las baterías y la tensión de trabajo del sistema (12 V), el cociente entre ambas corresponderá a la capacidad nominal de las mismas:

$$C_n = 1 \text{ kWh} / 12 \text{ V} = 83 \text{ Ah}$$

A partir de los modelos disponibles en el catálogo del fabricante podemos seleccionar una única batería SOLARX-78, o bien 2 baterías SOLARX-48 trabajando en paralelo, ya que conectadas en paralelo las capacidades de ambas se suman. Comprobemos cada una de estas opciones para ver si son viables.

Una autonomía de 3 días corresponde a una capacidad C72 pero no disponemos de este valor en el catálogo del fabricante, aunque sí tenemos C20 y C100. Como 72 es un valor cercano al punto medio entre 20 y 100 podemos interpolar ambos valores calculando la media aritmética de ambos.

Para una única batería SOLARX-78 este valor interpolado es $C_{72} = (68,3 + 76,7)/2 = 72,5$ Ah, que corresponderá a $72,5 \text{ Ah}/72 \text{ h} = 1 \text{ A}$ constante durante 72 horas de funcionamiento. Este amperio es aproximadamente la intensidad promedio de entrada en cada minuto (30 segundos de reposo y 30 segundos de actividad) ya que $(50+2200)/2 = 1125 \text{ mA}$. Por tanto cumplimos especificaciones para alimentar el sistema. No olvidemos que aun suponiendo 3 días sin sol nunca habrá oscuridad absoluta, por lo que las baterías se cargarán parcialmente incluso en condiciones de nubosidad.

Para la SOLARX-48 este valor interpolado es $C_{72} = (42 + 47,2)/2 = 44,6$ Ah. Para 2 baterías en paralelo multiplicamos este valor por 2, obteniendo una capacidad del sistema de baterías de $2 \cdot 44,6 \text{ Ah} = 89,2 \text{ Ah}$, que corresponderá a $89,2 \text{ Ah}/72 \text{ h} = 1,24 \text{ A}$ constantes durante 72 horas de funcionamiento. También cumplimos especificaciones, incluso con algo más de holgura.

Por tanto el dimensionamiento es correcto y podemos conectar una única batería SOLARX-78 o bien 2 baterías SOLARX-48 trabajando en paralelo.

b) Dado que el sistema de alimentación debe estar preparado para funcionar en cualquier época del año en la ciudad de Alicante, tomaremos el caso peor en cuanto a horas solares pico, que es el mes de diciembre. Podemos redondear a 3 hsp diarias para este mes empleando tecnología de lámina delgada (ya que el panel propuesto en el enunciado corresponde a esta tecnología).

Debemos por tanto dimensionar nuestro campo fotovoltaico para entregar a las baterías 324 Wh en un día de condiciones estándar de diciembre, con tan sólo 3 hsp según PVGIS; por tanto $324 \text{ Wh} / 3 \text{ h} = 108 \text{ W}$.

Y dado que las baterías disponen de autonomía para 3 días y que el resto de meses del año se superan las 3 hsp diarias de diciembre, podemos emplear un único panel Mitsubishi MA100T2 de 100 W para nuestro propósito sin riesgo a que el sistema quede infradimensionado.

5. Dimensionamiento de sistemas autónomos.

CASO PRÁCTICO 2:

Dimensionamiento de la alimentación del sistema electrónico mediante energía solar fotovoltaica

Se desea alimentar mediante energía solar fotovoltaica y baterías de almacenamiento a un motor con un sensor de toma de datos de temperatura de la playa cuyos requerimientos de potencia son los siguientes:

- *Tensión de alimentación: 12 V*
- *Intensidad de entrada en reposo: 20 mA*
- *Intensidad de entrada en actividad (motor en movimiento): 700 mA*

El sistema se empleará durante los meses de verano en la ciudad de Alicante. Se pretende que el panel solar se ubique en posición horizontal sobre el propio motor, no habiendo ningún tipo de restricción de espacio para colocar la batería o baterías, que deben tener una autonomía de 2 días.

El motor debe moverse cada media hora, tanto de día como de noche. El tiempo de movimiento del motor es de 5 segundos.

Entre las células solares y las baterías se colocará un regulador de carga adaptado al sistema y que no es necesario dimensionar.

- a) *Dimensione el parque de baterías necesarias a partir de la serie SOLARX del fabricante Xunzel. Razone la respuesta.*
- b) *Dimensione el campo fotovoltaico necesario para cargar en un día las baterías seleccionadas en el apartado anterior a partir de la información mostrada por PVGIS. ¿Podríamos emplear una única célula cristalina de 4W de potencia? Razone la respuesta.*



| | CAPACIDAD [Ah] -100% DOD (a 1.75V/celda) a 25°C | | |
|------------|---|-------|-------|
| Modelo | C20 | C100 | C120 |
| SOLARX-3 | 2.45 | 2.65 | 3.00 |
| SOLARX-8 | 7.00 | 7.87 | 8.00 |
| SOLARX-14 | 12.50 | 13.80 | 14.00 |
| SOLARX-30 | 26.00 | 29.20 | 30.00 |
| SOLARX-48 | 42.00 | 47.20 | 48.00 |
| SOLARX-78 | 68.30 | 76.70 | 78.00 |
| SOLARX-120 | 105 | 118 | 120 |
| SOLARX-240 | 210 | 236 | 240 |

Figura 1: Capacidades de las baterías de la serie Xunzel SOLARX

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 38°20'45" North, 0°29'26" West, Elevation: 36 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 9.6%
(using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.6%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 25.0%

| Fixed system: inclination=0°, orientation=0° | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Month | E_d | E_m | H_d | H_m |
| Jan | 1.90 | 58.8 | 2.49 | 77.3 |
| Feb | 2.64 | 74.0 | 3.40 | 95.3 |
| Mar | 3.81 | 118 | 4.95 | 153 |
| Apr | 4.42 | 133 | 5.80 | 174 |
| May | 5.18 | 161 | 6.91 | 214 |
| Jun | 5.69 | 171 | 7.70 | 231 |
| Jul | 5.58 | 173 | 7.65 | 237 |
| Aug | 4.92 | 153 | 6.75 | 209 |
| Sep | 3.85 | 116 | 5.21 | 156 |
| Oct | 2.97 | 92.1 | 3.98 | 123 |
| Nov | 2.01 | 60.4 | 2.68 | 80.3 |
| Dec | 1.63 | 50.5 | 2.17 | 67.3 |
| Yearly average | 3.72 | 113 | 4.98 | 152 |
| Total for year | | 1360 | | 1820 |

Figura 2: Tabla PVGIS de producción fotovoltaica para 1 kW de silicio cristalino orientado al sur y a 0 grados de inclinación en la ciudad de Alicante

SOLUCIÓN:

a) Primeramente calculemos el consumo diario del motor. Para ello suponemos 24 horas funcionando en reposo, y un incremento de potencia de 680 mA (ya que $700 - 20 = 680$) para los instantes de actividad:

$$\text{Consumo en reposo: } 12 \text{ V} \cdot 0,02 \text{ A} \cdot 24 \text{ h} = 0,24 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} = 5,76 \text{ Wh}$$

$$\text{Consumo en actividad (5 segundos cada media hora): } 12 \text{ V} \cdot 0,68 \text{ A} \cdot 24 \cdot (5 \text{ s} / 1800 \text{ s}) \text{ h} = 0,026 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} = 0,544 \text{ Wh}$$

$$\text{Total: } 5,76 + 0,544 = 6,3 \text{ Wh}$$

Como suponemos una autonomía de 2 días para las baterías, éstas deben ser capaces de entregar al motor un total de $2 \cdot 6,3 \text{ Wh} = 12,6 \text{ Wh}$. Esta será por tanto la energía que deben poder almacenar las baterías.

Conocida la energía almacenable en las baterías y la tensión de trabajo del sistema (12 V), el cociente entre ambas corresponderá a la capacidad nominal de las mismas:

$$C_n = 12,6 \text{ Wh} / 12 \text{ V} = 1,05 \text{ Ah}$$

A partir de los modelos disponibles en el catálogo del fabricante podemos seleccionar una única batería SOLARX-3. Comprobemos si esta configuración es viable.

Una autonomía de 2 días corresponde a una capacidad C48 pero no disponemos de este valor en el catálogo del fabricante, aunque sí tenemos C20 y C100. Como 48 es un valor cercano al punto medio entre 20 y 100 podemos interpolar ambos valores calculando la media aritmética de ambos.

Para una única batería SOLARX-3 este valor interpolado es $C_{48} = (2,45 + 2,65)/2 = 2,55 \text{ Ah}$, que corresponderá a $2,55 \text{ Ah}/48 \text{ h} = 50 \text{ mA}$ constantes durante 48 horas de funcionamiento.

La intensidad promedio de entrada cada media hora (1795 segundos de reposo y 5 segundos de actividad) es $20 \text{ mA} \cdot (1795/1800) + 700 \text{ mA} \cdot (5/1800) = 19,94 \text{ mA} + 1,94 \text{ mA} = 21,88 \text{ mA}$, que la batería cumple sobradamente.

Por tanto cumplimos sobradamente especificaciones para alimentar el sistema y podemos conectar una única batería SOLARX-3.

b) Dado que el sistema de alimentación debe estar preparado para funcionar en verano en la ciudad de Alicante, tomaremos el caso peor en cuanto a horas solares pico, que es el mes de septiembre, 3,85 hsp diarias para este mes con el panel en posición horizontal y empleando tecnología cristalina (ya que la célula propuesta en el enunciado corresponde a esta tecnología).

Debemos por tanto dimensionar nuestro campo fotovoltaico para entregar a las baterías 12,6 Wh en un día de condiciones estándar de septiembre, con 3,85 hsp según PVGIS; por tanto $12,6 \text{ Wh} / 3,85 \text{ h} = 3,27 \text{ W}$.

Y dado que las baterías disponen de autonomía para más de 2 días y que el resto de meses del verano se superan las 3,85 hsp diarias de septiembre, podemos emplear una única célula cristalina de 4 W para nuestro propósito sin riesgo a que el sistema quede infradimensionado.

Grado de Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación
PROYECTOS E INFRAESTRUCTURAS DE TELECOMUNICACIÓN II
Baterías y células solares

5. Dimensionamiento de sistemas autónomos.

CASO PRÁCTICO 3:

Se desea alimentar mediante energía solar fotovoltaica y baterías de almacenamiento a un sensor de toma de datos de crecimiento de cultivos entre junio y noviembre cuyos requerimientos de potencia son los siguientes:

- Tensión de alimentación: 12 V
- Intensidad de entrada en reposo: 100 mA
- Intensidad de entrada en actividad: 1,2 A

El sistema se empleará en las afueras de la ciudad de Alicante.

No hay ningún tipo de restricción de espacio para colocar los paneles solares, que colocaremos en posición horizontal para minimizar la carga de viento, y las baterías, que deben tener una autonomía de 3 días.

El sensor debe activarse cada 2 horas, entre las 8 y las 20 horas. El tiempo de actividad del sensor cada vez que se activa es de 10 segundos.

Entre las células solares y las baterías se colocará un regulador de carga adaptado al sistema y que no es necesario dimensionar.

- a) Dimensione el parque de baterías necesarias a partir de la serie SOLARX del fabricante Xunzel. Razone la respuesta.
- b) Dimensione el campo fotovoltaico necesario para cargar en un único día las baterías seleccionadas en el apartado anterior a partir de la información mostrada por PVGIS y para la autonomía de 3 días especificada en el enunciado. ¿Podríamos emplear un único panel policristalino Perlight Solar de 50W de potencia? Razone la respuesta.

| CAPACIDAD [Ah] -100% DOD (a 1.75V/celda) a 25°C | | | |
|---|-------|-------|-------|
| Modelo | C20 | C100 | C120 |
| SOLARX-3 | 2.45 | 2.65 | 3.00 |
| SOLARX-8 | 7.00 | 7.87 | 8.00 |
| SOLARX-14 | 12.50 | 13.80 | 14.00 |
| SOLARX-30 | 26.00 | 29.20 | 30.00 |
| SOLARX-48 | 42.00 | 47.20 | 48.00 |
| SOLARX-78 | 68.30 | 76.70 | 78.00 |
| SOLARX-120 | 105 | 118 | 120 |
| SOLARX-240 | 210 | 236 | 240 |

Figura 1: Capacidades de las baterías de la serie Xunzel SOLARX

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 38°20'45" North, 0°29'26" West, Elevation: 36 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 9.6%
(using local ambient temperature)
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.6%
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%
Combined PV system losses: 25.0%

| Fixed system: inclination=0°, orientation=0° | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Month | E_d | E_m | H_d | H_m |
| Jan | 1.90 | 58.8 | 2.49 | 77.3 |
| Feb | 2.64 | 74.0 | 3.40 | 95.3 |
| Mar | 3.81 | 118 | 4.95 | 153 |
| Apr | 4.42 | 133 | 5.80 | 174 |
| May | 5.18 | 161 | 6.91 | 214 |
| Jun | 5.69 | 171 | 7.70 | 231 |
| Jul | 5.58 | 173 | 7.65 | 237 |
| Aug | 4.92 | 153 | 6.75 | 209 |
| Sep | 3.85 | 116 | 5.21 | 156 |
| Oct | 2.97 | 92.1 | 3.98 | 123 |
| Nov | 2.01 | 60.4 | 2.68 | 80.3 |
| Dec | 1.63 | 50.5 | 2.17 | 67.3 |
| Yearly average | 3.72 | 113 | 4.98 | 152 |
| Total for year | | 1360 | | 1820 |

Figura 2: Tabla PVGIS de producción fotovoltaica para 1 kW de silicio policristalino a 0 grados de inclinación en la ciudad de Alicante

SOLUCIÓN:

a) Primeramente calculemos el consumo diario del motor. Para ello suponemos 24 horas funcionando en reposo, y un incremento de potencia de 1,1 A (ya que $1,2 - 0,1 = 1,1$) para los instantes de actividad:

Consumo diario en reposo: $12 \text{ V} \cdot 0,1 \text{ A} \cdot 24 \text{ h} = 1,2 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} = 28,8 \text{ Wh}$

Consumo diario en actividad (70 segundos cada día ya que se activa a las 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 horas; es decir, 7 periodos de 10 segundos cada uno); por tanto 70 veces la fracción de horas contenida en un segundo, que es $1/3600$:

$$12 \text{ V} \cdot 1,1 \text{ A} \cdot 70 (1 / 3600) \text{ h} = 13,2 \text{ W} \cdot 0,0194 \text{ h} = 0,257 \text{ Wh}$$

Total: $28,8 + 0,257 = 29,05 \text{ Wh}$, que podemos redondear a 30 Wh para facilitar los cálculos.

Como suponemos una autonomía de 3 días para las baterías, éstas deben ser capaces de entregar al motor un total de $3 \cdot 30 \text{ Wh} = 90 \text{ Wh}$. Esta será por tanto la energía que deben poder almacenar las baterías.

Conocida la energía almacenable en las baterías y la tensión de trabajo del sistema (12 V), el cociente entre ambas corresponderá a la capacidad nominal de las mismas:

$$C_n = 90 \text{ Wh} / 12 \text{ V} = 7,5 \text{ Ah}$$

A partir de los modelos disponibles en el catálogo del fabricante podemos seleccionar una única batería SOLARX-8. Comprobemos si esta configuración es viable.

Una autonomía de 3 días corresponde a una capacidad C72 pero no disponemos de este valor en el catálogo del fabricante, aunque sí tenemos C20 y C100. Como 72 es un valor cercano al punto medio entre 20 y 100 podemos interpolar ambos valores calculando la media aritmética de ambos.

Para una única batería SOLARX-8 este valor interpolado es $C72 = (7 + 7,87)/2 = 7,44 \text{ Ah}$, que corresponderá aproximadamente a $7,44 \text{ Ah}/72 \text{ h} = 100 \text{ mA}$ constantes durante 72 horas de funcionamiento, tal y como corresponde según el enunciado a la intensidad de entrada del sensor en reposo, que la batería cumple para la autonomía especificada.

Por tanto cumplimos especificaciones para alimentar el sistema y podemos conectar una única batería SOLARX-8.

b) Dado que el sistema de alimentación debe estar preparado para funcionar entre junio y noviembre en la ciudad de Alicante, tomaremos el caso peor en cuanto a horas solares pico, que es el mes de noviembre, 2 hsp diarias para este mes con el panel en posición horizontal y empleando tecnología policristalina (ya que el panel propuesto en el enunciado corresponde a esta tecnología).

Debemos por tanto dimensionar nuestro campo fotovoltaico para entregar en un único día a las baterías 90 Wh en un día de condiciones estándar de septiembre, con 2 hsp según PVGIS; por tanto $90 \text{ Wh} / 2 \text{ h} = 45 \text{ W}$.

Y dado que las baterías disponen de autonomía para 3 días y que el resto de meses del periodo de uso del sistema se superan las 2 hsp diarias de noviembre, podemos emplear un único panel de 50 W para nuestro propósito sin riesgo a que el sistema quede infradimensionado.

Grado de Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación
PROYECTOS E INFRAESTRUCTURAS DE TELECOMUNICACIÓN II
Baterías y células solares

5. Dimensionamiento de sistemas autónomos.

CASO PRÁCTICO 4:

Se desea instalar una cámara motorizada de seguridad mediante infrarrojos para funcionar durante las 24 h del día en cualquier mes del año a la entrada de una propiedad a las afueras de la ciudad de Alicante. Se pretende alimentar la cámara con un único panel solar y un armario con baterías, tal y como se muestra en la figura adjunta:

La cámara es alimentada con 24 V de tensión continua y consume 100 W cuando está únicamente captando imágenes infrarrojas y 185 W adicionales cuando el motor está en funcionamiento.

El motor realiza barridos continuos del área de captación y está en funcionamiento durante la cuarta parte del tiempo cada día.

Entre el panel solar y las baterías se colocará un regulador de carga adaptado al sistema y que no es necesario dimensionar.



- ¿Cuántas baterías de 12 V de la Tabla 1 y de qué tipo debemos conectar para alimentar la cámara motorizada y para que tenga una autonomía de 3 días? Justifica la respuesta y dibuja un esquema del conexionado de las mismas. (1 punto)
- ¿Será válido el diseño de la figura, con un único panel policristalino Canadian Solar de 320 W sobre el poste de la cámara si queremos cargar las baterías durante dos días? En caso contrario, ¿cuántos paneles necesitaríamos? Razona la respuesta. (0,5 puntos)

| Modelo | CAPACIDAD [Ah] -100% DOD (a 1.75V/celda) a 25°C | | |
|------------|---|-------|-------|
| | C20 | C100 | C120 |
| SOLARX-3 | 2.45 | 2.65 | 3.00 |
| SOLARX-8 | 7.00 | 7.87 | 8.00 |
| SOLARX-14 | 12.50 | 13.80 | 14.00 |
| SOLARX-30 | 26.00 | 29.20 | 30.00 |
| SOLARX-48 | 42.00 | 47.20 | 48.00 |
| SOLARX-78 | 68.30 | 76.70 | 78.00 |
| SOLARX-120 | 105 | 118 | 120 |
| SOLARX-240 | 210 | 236 | 240 |

Tabla 1: Capacidades de las baterías de la serie Xunzel SOLARX 12 V

| PVGIS-5 estimates of solar electricity generation: | | | | |
|---|-------------------------|--|-----|-----|
| Provided inputs: | | Monthly PV energy and solar irradiation: | | |
| Latitude/Longitude: | 38.374, -0.508 | Month | Em | Hm |
| Horizon: | Calculated | January | 109 | 131 |
| Database used: | PVGIS-CMSAF | February | 117 | 141 |
| PV technology: | Crystalline silicon | March | 149 | 184 |
| PV installed: | 1 kWp | April | 152 | 190 |
| System loss: | 14 % | May | 165 | 211 |
| | | June | 164 | 214 |
| | | July | 171 | 226 |
| | | August | 168 | 220 |
| | | September | 144 | 187 |
| | | October | 133 | 168 |
| | | November | 107 | 131 |
| | | December | 102 | 123 |
| Simulation outputs: | | | | |
| Slope angle: | 35 (opt) ° | | | |
| Azimuth angle: | 0 ° | | | |
| Yearly PV energy production: | 1680 kWh | | | |
| Yearly in-plane irradiation: | 2130 kWh/m ² | | | |
| Em: Average monthly electricity production from the given system [kWh]. | | | | |
| Hm: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m ²]. | | | | |

Tabla 2: Simulación PVGIS de producción fotovoltaica para 1 kW de silicio policristalino con la inclinación optimizada para el mes más desfavorable en las afueras de la ciudad de Alicante

SOLUCIÓN:

a) Primeramente calculemos el consumo diario de la cámara sin el motor.

Para ello suponemos 24 horas captando imágenes.

Consumo diario captando imágenes: $100 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} = 2400 \text{ Wh}$

Ahora calculamos el consumo diario del motor, suponiendo la cuarta parte del tiempo; es decir, 6 horas diarias.

Consumo diario del motor: $185 \text{ W} \cdot 6 \text{ h} = 1110 \text{ Wh}$

Total captación imágenes + motor: $2400 + 1110 = 3510 \text{ Wh}$.

Como suponemos una autonomía de 3 días para las baterías, éstas deben ser capaces de entregar a la cámara un total de $3 \cdot 3510 \text{ Wh} = 10530 \text{ Wh}$. Esta será por tanto la energía que deben poder almacenar las baterías.

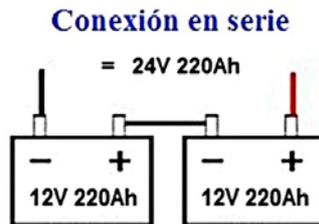
Conocida la energía almacenable en las baterías y la tensión de trabajo del sistema (24 V), el cociente entre ambas corresponderá a la capacidad nominal de las mismas:

$C_n = 10530 \text{ Wh} / 24 \text{ V} = 438,75 \text{ Ah}$, que podemos redondear a 440 Ah para facilitar los cálculos.

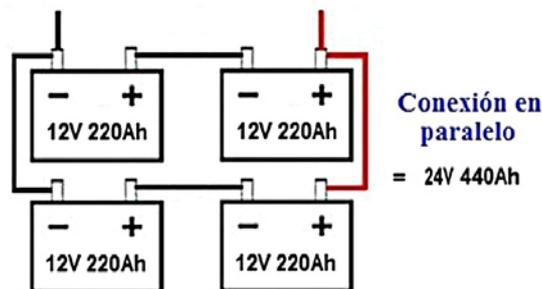
A partir de los modelos disponibles en el catálogo del fabricante debemos seleccionar 4 baterías SOLARX-240, conectadas de la siguiente manera:

- 2 baterías en serie por rama, ya que cada batería trabaja a 12 V, y el sistema trabaja a 24 V. De esta forma conseguimos multiplicar por 2 la tensión de trabajo.
- 2 ramas en paralelo, ya que cada rama tendría una capacidad C_{72} de 220 Ah aproximadamente. Recordemos que una autonomía de 3 días corresponde a una capacidad C_{72} pero no disponemos de este valor en el catálogo del fabricante, aunque sí tenemos C20 (210 Ah) y C100 (236 Ah). Como 72 es un valor cercano al punto medio entre 20 y 100 podemos interpolar ambos valores y obtener un valor cercano a 220 Ah en cada rama, que corresponde a 440 Ah para ambas ramas en paralelo.

Para cada una de las 2 ramas:



Por tanto la conexión de las 4 baterías mediante 2 ramas en paralelo será:



b) Dado que el sistema de alimentación debe estar preparado para funcionar durante todo el año en las afueras de la ciudad de Alicante, tomaremos el caso peor en cuanto a horas solares pico, que es el mes de diciembre, con 102 hsp mensuales y por tanto $102/31=3,29$ hsp diarias para diciembre. Recordemos que la inclinación está optimizada para el mes más desfavorable y empleando tecnología policristalina ya que el panel propuesto en el enunciado corresponde a esta tecnología.

Queremos entregar en un único día a las baterías 10530 Wh considerando 2 días de carga en condiciones estándar de diciembre, con $2 \times 3,29$ hsp = 6,58 hsp según PVGIS.

Por tanto $10530 \text{ Wh} / 6,58 \text{ h} = 1600 \text{ W}$, de manera que un único panel de 320 W es incapaz de suministrar la energía que las baterías necesitan.

Comprobemos cuántos serían necesarios: $1600 / 320 = 5$ paneles. Y por tanto el diseño de la figura con un único panel sobre el poste de la cámara no será válido y los 5 paneles deben ser instalados en otra ubicación diferente.