

FOTOVOLTAICA, BIOMASA Y COGENERACION

BLOQUE I: Principios de generación y diseño de instalaciones
fotovoltaica. Clase IV

4. Conocimientos básicos

- 1) Pérdidas de energía tolerables
- 2) Temperatura que no deteriore su integridad
- 3) Evitar la posibilidad de accidentes

4. Conocimientos básicos

4.1 Cálculo de la caída de tensión (I/II)

$$U = I \cdot R \quad (1)$$

$$R = L / (S \cdot k)$$

$$S = \left(\frac{2}{k}\right) \cdot \left(\frac{I}{U_a}\right) \cdot L \quad (2)$$

donde

- U caída de tensión en V
- I intensidad en A
- R resistencia del conductor en Ω
- L longitud del conductor en m
- S área de la sección recta en mm^2
- k conductividad en $(\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2))$

4. Conocimientos básicos

4.1 Cálculo de la caída de tensión (II/II)

$$U = Z \cdot I \quad (3)$$

donde:

- U caída de tensión en V
- $Z^2 = R^2 + [2 \cdot \pi \cdot n \cdot L - (2 \cdot \pi \cdot n \cdot C)^{-1}]^2$ es la impedancia del circuito en Ω
- I intensidad en A
- R resistencia del conductor en Ω
- n la frecuencia de la corriente en Hz
- L la autoinducción en Henrios (H)
- C capacidad del circuito en F

Material	Cable de cobre	Cable de aluminio	Hierro puro	Plata pura
Conductividad a 20 °C m/(Ω·mm²)	56	35	15	63

Conductividad de algunos materiales

4. Conocimientos básicos

4.2 Pérdida de energía y calentamiento del conductor (I/III)

$$P = R \cdot I^2 \quad (1)$$

donde

- P es la energía perdida por unidad de tiempo, en W
- R resistencia del conductor en Ω
- I intensidad en A

4. Conocimientos básicos

4.2 Pérdida de energía y calentamiento del conductor (II/III)

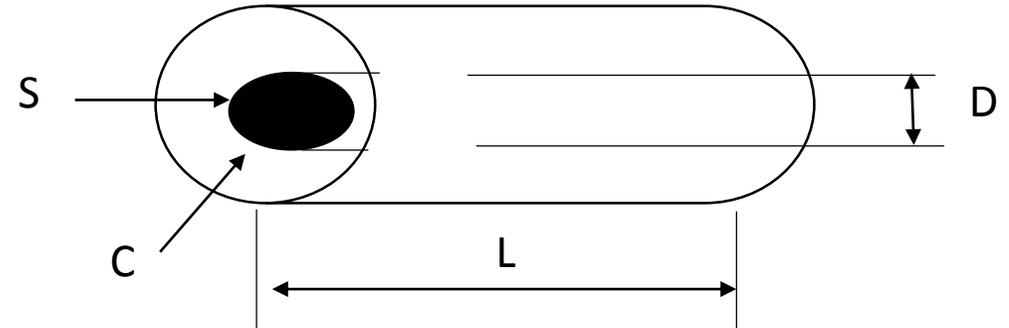
$$Q = \alpha \cdot C \cdot L \cdot \Delta T$$

$$D^3 = \left(\frac{4}{\pi^2}\right) \cdot (k \cdot \alpha \cdot \Delta T)^{-1} \cdot I^2$$

(Para un conductor macizo y de sección circular)

donde

- Q calor disipado por unidad de tiempo en W
- α coeficiente global de transmisión de calor referido a la superficie metálica, en $W/m^2 \cdot K$
- C perímetro del conductor, en m
- L longitud del conductor, en m
- ΔT diferencia de temperatura entre el cable y el exterior, en K
- D diámetro del conductor metálico, en mm
- k conductividad en $(m/(\Omega \cdot mm^2))$
- I intensidad en A



4. Conocimientos básicos

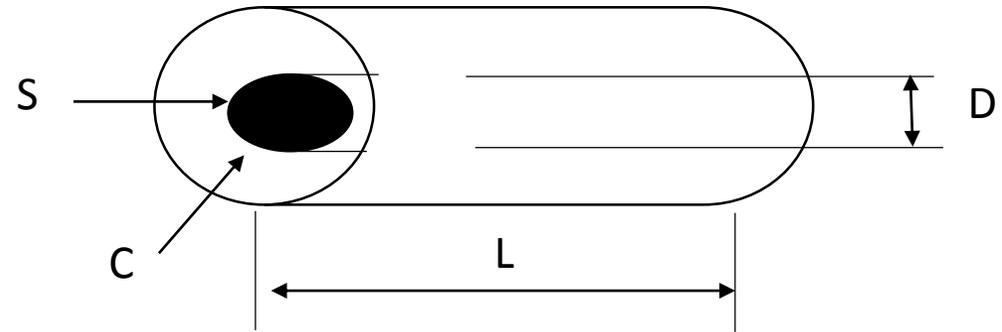
4.2 Pérdida de energía y calentamiento del conductor (III/III)

$$D^3 = \left(\frac{4}{\pi^2}\right) \cdot (k \cdot \alpha \cdot \Delta T)^{-1} \cdot I^2$$

(Para un conductor macizo y de sección circular)

donde

- D diámetro del conductor metálico, en mm
- k conductividad en $(m/(\Omega \cdot mm^2))$
- α coeficiente global de transmisión de calor referido a la superficie metálica, en $W/m^2 \cdot K$
- ΔT diferencia de temperatura entre el cable y el exterior, en K
- I intensidad en A



- El diámetro del conductor debe aumentar al aumentar la intensidad de la corriente.
- El coeficiente de transmisión de calor (α) depende de las capas de aislante y de la situación del conductor
- Debe tenerse en cuenta la temperatura del espacio por donde pasa el cable

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable (I/III)

1) Cálculo de la sección mínima aceptable

$$S = \left(\frac{2}{k}\right) \cdot \left(\frac{I}{U}\right) \cdot L \quad (2)$$

donde

S	área de la sección recta en mm^2
k	conductividad en $(\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2))$
U	caída de tensión en V
L	longitud del conductor en m

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable (II/III)

2) Identificación del método de instalación de referencia mediante la tabla 52-B1 de la norma UNE 20460-5-523:2004.

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia			Tabla y columna			
			Intensidad admisible para los circuitos simples			
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR	
			Número de conductores			
			2	3	2	3
	Local Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 6
	Local Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 2	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 7
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 11	Tabla A.52-1 bis columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 4	Tabla A.52-2 bis columna 5	Tabla A.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 12	Tabla A.52-1 bis columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 13	Tabla A.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	---	Ver UNE 20460-5-523	---	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$

$$\rho = K_{\theta} \cdot \rho_{20}$$

Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

Reproducción de la tabla 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004)

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable (III/III)

3) Identificación del método de instalación de referencia mediante la tabla 52-B1 de la norma UNE 20460-5-523:2004.

Reproducción de la tabla 52-B1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
Sección mm²													
Cobre													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	-
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-	-
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	-
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	-
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	-
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	-
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	-
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	-
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	-
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	-
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	-
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	-
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	-
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	-
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	-
Aluminio													
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-	-
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-	-
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	-
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	-
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	-
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	-
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	-
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	-
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	-
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	-
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293	-
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	-
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	-
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	-

XLPE: Polietileno reticulado (90 °C) EPK: Etileno-propileno (90 °C) PVC: Policloruro de vinilo (70 °C)

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1

Un generador fotovoltaico que tiene una potencia nominal de 1 kW y una tensión de 24 V se conecta al regulador mediante conductores de cobre, con aislante de polietileno reticulado (XLPE), bajo tubo al aire y la caída de tensión máxima admisible es del 1.5%. La distancia entre el generador y el regulador, siguiendo el trazado del cable, es 20 m. La conductividad del cobre a 20 °C es $56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$.

Calcular la sección del cable.

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1 (Pasos I/IV)

Paso 1: Cálculo de la conductividad aceptando que la temperatura del interior del cable puede llegar a 90 °C.

$$k_{90} = \frac{k_{20}}{K_{\theta}} = \frac{56}{1.28}$$

donde

k_{90} conductividad del conductor a la temperatura de 90 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

k_{20} conductividad del conductor a la temperatura de 20 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

K_{θ} constante correctora para “convertir” la conductividad de referencia (20 °C) a la conductividad a 90 °C

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1 (Pasos II/IV)

Paso 2: Cálculo de la intensidad nominal; $I = \frac{P}{V}$

Paso 3: Cálculo de la caída de tensión; $U = V \cdot \Delta V\%$

Paso 4: Cálculo de la sección necesaria; $S = \left(\frac{2}{k_{90}}\right) \cdot \left(\frac{I}{U}\right) \cdot L$

donde

I	intensidad nominal en A
P	potencia nominal del generador fotovoltaico en W
V	tensión del generador fotovoltaico en V
U	caída de tensión máxima admisible en V
$\Delta V\%$	caída de tensión máxima admisible en %
S	área de la sección recta en mm ²
k	conductividad en (m/($\Omega \cdot mm^2$))
L	longitud del conductor en m

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1 (Pasos III/IV)

Paso 5: Identificación de la sección según la norma UNE 20460-5-523:2004 para un aislamiento de XLPE y dos conductores.

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia			Tabla y columna			
			Intensidad admisible para los circuitos simples			
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR	
			Número de conductores			
			2	3	2	3
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 6
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 2	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 7
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 11	Tabla A.52-1 bis columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 4	Tabla A.52-2 bis columna 5	Tabla A.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 12	Tabla A.52-1 bis columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 13	Tabla A.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	---	Ver UNE 20460-5-523	----	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) **EPR:** Etileno-propileno (90°C) **PVC:** Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

$\rho = K_{\theta} \cdot \rho_{20}$ Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable.

Ejemplo numérico 1 (Pasos IV/IV)

Paso 6: Selección de la sección normalizada dentro de la norma UNE 20460-5-523:2004 para un aislamiento de XLPE y dos conductores.

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)

Intensidades admisibles en amperios

Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
A1													
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm²													
Cobre													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-	
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-	
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1 (Pasos I/IV)

Paso 1: Cálculo de la conductividad aceptando que la temperatura del interior del cable puede llegar a 90 °C.

$$k_{90} = \frac{k_{20}}{K_{\theta}} = \frac{56}{1.28}$$

donde

k_{90} conductividad del conductor a la temperatura de 90 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

k_{20} conductividad del conductor a la temperatura de 20 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

K_{θ} constante correctora para “convertir” la conductividad de referencia (20 °C) a la conductividad a 90 °C

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1 (Solución I/IV)

Cálculo de la conductividad aceptando que la temperatura del interior del cable puede llegar a 90 °C.

$$k_{90} = \frac{k_{20}}{K_{\theta}} = \frac{56}{1.28} = 43.8 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$$

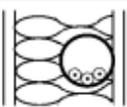
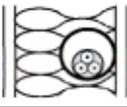
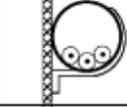
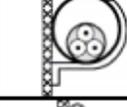
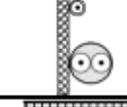
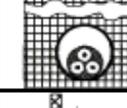
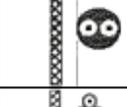
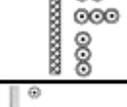
donde

k_{90} conductividad del conductor a la temperatura de 90 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

k_{20} conductividad del conductor a la temperatura de 20 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

K_{θ} constante correctora para “convertir” la conductividad de referencia (20 °C) a la conductividad a 90 °C

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia			Tabla y columna			
			Intensidad admisible para los circuitos simples			
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR	
			Número de conductores			
			2	3	2	3
	Local Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 6
	Local Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 2	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 7
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 11	Tabla A.52-1 bis columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 4	Tabla A.52-2 bis columna 5	Tabla A.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 12	Tabla A.52-1 bis columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 13	Tabla A.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	---	Ver UNE 20460-5-523	----	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$

$$\rho = K_{\theta} \cdot \rho_{20}$$

Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1 (Pasos II/IV)

Paso 2: Cálculo de la intensidad nominal; $I = \frac{P}{V}$

Paso 3: Cálculo de la caída de tensión; $U = V \cdot \Delta V\%$

Paso 4: Cálculo de la sección necesaria; $S = \left(\frac{2}{k_{90}}\right) \cdot \left(\frac{I}{U}\right) \cdot L$

donde

I	intensidad nominal en A
P	potencia nominal del generador fotovoltaico en W
V	tensión del generador fotovoltaico en V
U	caída de tensión máxima admisible en V
$\Delta V\%$	caída de tensión máxima admisible en %
S	área de la sección recta en mm ²
k	conductividad en (m/($\Omega \cdot mm^2$))
L	longitud del conductor en m

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1 (Solución II/IV)

Cálculo de la intensidad nominal $I = \frac{P}{V} = \frac{1000}{24} = 42 \text{ A}$

Cálculo de la caída de tensión $U = V \cdot \Delta V\% = 24 \cdot \frac{1.5}{100} = 0.36 \text{ V}$

Cálculo de la sección necesaria $S = \left(\frac{2}{k_{90}}\right) \cdot \left(\frac{I}{U}\right) \cdot L = \left(\frac{2}{43.8}\right) \cdot \left(\frac{42}{0.36}\right) \cdot 20 = 107 \text{ mm}^2 \text{ (2)}$

donde

I	intensidad nominal en A
P	potencia nominal del generador fotovoltaico en W
V	tensión del generador fotovoltaico en V
U	caída de tensión máxima admisible en V
$\Delta V\%$	caída de tensión máxima admisible en %
S	área de la sección recta en mm^2
k	conductividad en $(\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2))$
L	longitud del conductor en m

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1 (Pasos III/IV)

Paso 5: Identificación de la sección según la norma UNE 20460-5-523:2004 para un aislamiento de XLPE y dos conductores.

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia			Tabla y columna			
			Intensidad admisible para los circuitos simples			
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR	
			Número de conductores			
			2	3	2	3
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 6
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 2	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 7
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 11	Tabla A.52-1 bis columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 4	Tabla A.52-2 bis columna 5	Tabla A.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 12	Tabla A.52-1 bis columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 13	Tabla A.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	---	Ver UNE 20460-5-523	----	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^\circ\text{C} \rightarrow K_\theta = 1,20$; $\theta = 90^\circ\text{C} \rightarrow K_\theta = 1,28$

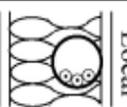
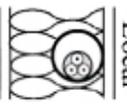
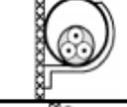
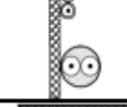
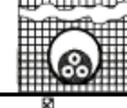
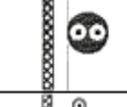
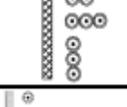
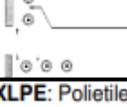
$\rho = K_\theta \cdot \rho_{20}$

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1 (Solución III/IV)

Identificación de la sección según la norma UNE 20460-5-523:2004.

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia			Tabla y columna			
			Intensidad admisible para los circuitos simples			
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR	
			Número de conductores			
			2	3	2	3
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 6
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 2	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 7
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 11	Tabla A.52-1 bis columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 4	Tabla A.52-2 bis columna 5	Tabla A.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 12	Tabla A.52-1 bis columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 13	Tabla A.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	---	Ver UNE 20460-5-523	----	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$

$$\rho = K_{\theta} \cdot \rho_{20}$$

Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable.

Ejemplo numérico 1 (Pasos IV/IV)

Paso 6: Selección de la sección normalizada dentro de la norma UNE 20460-5-523:2004 para un aislamiento de XLPE y dos conductores.

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A1													
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm²													
Cobre													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-	
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-	
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1 (Solución IV/IV)

Identificación de la sección según la norma UNE 20460-5-523:2004.

$$S = 107 \text{ mm}^2 \text{ (2)}$$

$$I = 42 \text{ A}$$

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia			Tabla y columna			
			Intensidad admisible para los circuitos simples			
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR	
			Número de conductores			
			2	3	2	3
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 6
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 2	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 7
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 11	Tabla A.52-1 bis columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 4	Tabla A.52-2 bis columna 5	Tabla A.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 12	Tabla A.52-1 bis columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 13	Tabla A.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	---	Ver UNE 20460-5-523	---	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

$$\rho = K_{\theta} \cdot \rho_{20}$$

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)

Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
A1													
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
C					PVC3		PVC2	XLPE3			XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3			XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm²													
Cobre													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-	
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-	
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 2

Rehacer los cálculos del ejemplo anterior pero suponiendo ahora que la tensión es de 48 V.

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 2 (Pasos I/III)

Paso 1: Cálculo de la conductividad aceptando que la temperatura del interior del cable puede llegar a 90 °C.

$$k_{90} = \frac{k_{20}}{K_{\theta}} = \frac{56}{1.28}$$

donde

k_{90} conductividad del conductor a la temperatura de 90 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

k_{20} conductividad del conductor a la temperatura de 20 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

K_{θ} constante correctora para “convertir” la conductividad de referencia (20 °C) a la conductividad a 90 °C

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 2 (Pasos II/III)

Paso 2: Cálculo de la intensidad nominal; $I = \frac{P}{V}$

Paso 3: Cálculo de la caída de tensión; $U = V \cdot \Delta V\%$

Paso 4: Cálculo de la sección necesaria; $S = \left(\frac{2}{k_{90}}\right) \cdot \left(\frac{I}{U}\right) \cdot L$

donde

I	intensidad nominal en A
P	potencia nominal del generador fotovoltaico en W
V	tensión del generador fotovoltaico en V
U	caída de tensión máxima admisible en V
$\Delta V\%$	caída de tensión máxima admisible en %
S	área de la sección recta en mm ²
k	conductividad en (m/($\Omega \cdot mm^2$))
L	longitud del conductor en m

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable.

Ejemplo numérico 2 (Pasos III/III)

Paso 5: Identificación y selección de la sección normalizada dentro de la norma UNE 20460-5-523:2004 para un aislamiento de XLPE y dos conductores.

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)

Intensidades admisibles en amperios

Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A1													
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm²													
Cobre													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-	
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-	
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 2 (Pasos I/III)

Paso 2: Cálculo de la conductividad aceptando que la temperatura del interior del cable puede llegar a 90 °C.

$$k_{90} = \frac{k_{20}}{K_{\theta}} = \frac{56}{1.28}$$

donde

k_{90} conductividad del conductor a la temperatura de 90 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

k_{20} conductividad del conductor a la temperatura de 20 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

K_{θ} constante correctora para “convertir” la conductividad de referencia (20 °C) a la conductividad a 90 °C

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 2 (Solución I/III)

Cálculo de la conductividad aceptando que la temperatura del interior del cable puede llegar a 90 °C.

$$k_{90} = \frac{k_{20}}{K_{\theta}} = \frac{56}{1.28} = 43.8 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$$

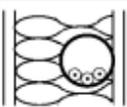
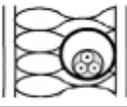
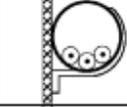
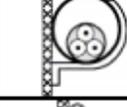
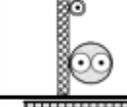
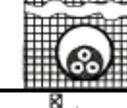
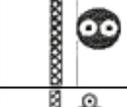
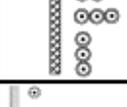
donde

k_{90} conductividad del conductor a la temperatura de 90 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

k_{20} conductividad del conductor a la temperatura de 20 °C (en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$)

K_{θ} constante correctora para “convertir” la conductividad de referencia (20 °C) a la conductividad a 90 °C

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia			Tabla y columna			
			Intensidad admisible para los circuitos simples			
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR	
			Número de conductores			
			2	3	2	3
	Local Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 6
	Local Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 2	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 7
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 11	Tabla A.52-1 bis columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 4	Tabla A.52-2 bis columna 5	Tabla A.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 12	Tabla A.52-1 bis columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 13	Tabla A.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	---	Ver UNE 20460-5-523	----	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$

$$\rho = K_{\theta} \cdot \rho_{20}$$

Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 2 (Pasos II/III)

Paso 2: Cálculo de la intensidad nominal; $I = \frac{P}{V}$

Paso 3: Cálculo de la caída de tensión; $U = V \cdot \Delta V\%$

Paso 4: Cálculo de la sección necesaria; $S = \left(\frac{2}{k_{90}}\right) \cdot \left(\frac{I}{U}\right) \cdot L$

donde

I	intensidad nominal en A
P	potencia nominal del generador fotovoltaico en W
V	tensión del generador fotovoltaico en V
U	caída de tensión máxima admisible en V
$\Delta V\%$	caída de tensión máxima admisible en %
S	área de la sección recta en mm ²
k	conductividad en (m/($\Omega \cdot mm^2$))
L	longitud del conductor en m

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 2 (Solución II/III)

Cálculo de la intensidad nominal $I = \frac{P}{V} = \frac{1000}{48} = 21 \text{ A}$

Cálculo de la caída de tensión $U = V \cdot \Delta V\% = 48 \cdot \frac{1.5}{100} = 0.72 \text{ V}$

Cálculo de la sección necesaria $S = \left(\frac{2}{k_{90}}\right) \cdot \left(\frac{I}{U}\right) \cdot L = \left(\frac{2}{43.8}\right) \cdot \left(\frac{21}{0.72}\right) \cdot 20 = 27 \text{ mm}^2 \text{ (2)}$

donde

I	intensidad nominal en A
P	potencia nominal del generador fotovoltaico en W
V	tensión del generador fotovoltaico en V
U	caída de tensión máxima admisible en V
$\Delta V\%$	caída de tensión máxima admisible en %
S	área de la sección recta en mm^2
k	conductividad en $(\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2))$
L	longitud del conductor en m

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable.

Ejemplo numérico 1 (Pasos III/III)

Paso 5: Identificación y selección de la sección normalizada dentro de la norma UNE 20460-5-523:2004 para un aislamiento de XLPE y dos conductores.

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)

Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A1													
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm²													
Cobre													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-	
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-	
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

4. Conocimientos básicos

4.3 Elección de la sección y tipo de cable. Ejemplo numérico 1 (Solución III/III)

Identificación de la sección según la norma UNE 20460-5-523:2004.

$$S = 27 \text{ mm}^2 \text{ (2)}$$

$$I = 21 \text{ A}$$

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia			Tabla y columna			
			Intensidad admisible para los circuitos simples			
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR	
			Número de conductores			
			2	3	2	3
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 6
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 2	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 7
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 11	Tabla A.52-1 bis columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 4	Tabla A.52-2 bis columna 5	Tabla A.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 12	Tabla A.52-1 bis columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 13	Tabla A.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	---	Ver UNE 20460-5-523	---	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

$$\rho = K_{\theta} \cdot \rho_{20}$$

Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)

Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
	PVC3	PVC2	XLPE3	XLPE2									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
A1													
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm ²													
Cobre													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	123	133	143	153	167	173	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-	
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-	
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red (I/IX)

$$P = R \cdot I^2 \quad (4)$$

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t$$

donde

P es la energía perdida por unidad de tiempo, en W

R resistencia del conductor en Ω

I intensidad en A

t tiempo transcurrido en s

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red (II/IX)

$$Q_{día} = \int R \cdot I^2 \cdot t$$

$$Q_d = \frac{1}{1000} \cdot \sum_0^{24} R_h \cdot I_h^2 \quad (5)$$

donde

$Q_{día}$ energía diaria disipada en kWh (integral)

R resistencia del conductor en Ω

I intensidad en A

dt diferencial de tiempo

Q_d energía diaria disipada en kWh (sumatorio)

R_h resistencia eléctrica media horaria del conductor en Ω

I_h intensidad media horaria en A

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red (III/IX)

$$I_h = 0.9 \cdot I_{cc,h}$$

$$Q_d = \frac{1}{1000} \cdot \sum_0^{24} R_h \cdot I_h^2 \quad (5)$$

$$Q_d = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot I_{cc}^2 \cdot R \cdot \sum_0^{24} G_h^2$$

Donde

I_h intensidad media horaria en A

$I_{cc,h}$ intensidad de cortocircuito para la irradiación horaria en A

Q_d energía diaria disipada en kWh (sumatorio)

R_h resistencia eléctrica media horaria del conductor en Ω

I_h intensidad media horaria en A

I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A

R resistencia eléctrica media diaria del conductor en Ω

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red (IV/IX)

$$Q_d = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot I_{cc}^2 \cdot R \cdot \sum_0^{24} G_h^2$$

$$Q_d = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot I_{cc}^2 \cdot \frac{L}{S \cdot k} \cdot \sum_0^{24} G_h^2$$

$$Q_d = A \cdot (L/S) \cdot \sum_0^{24} G_h^2$$

donde

Q_d	energía diaria disipada en kWh (sumatorio)
I_{cc}	intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A
R	resistencia eléctrica media diaria del conductor en Ω
G_h	irradiación horaria en kWh/m^2
L	longitud del conductor en m
S	sección del conductor en mm^2
k	conductividad en $(m/(\Omega \cdot mm^2))$
$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$	
n	número de panales, o filas iguales, conectados en paralelo

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red (V/IX)

$$C_e = A \cdot \left(\frac{L}{S}\right) \cdot p_e \cdot \sum_0^{12} N_{d,m} \cdot G_m \quad (6)$$

donde

C_e dinero que se deja de ingresar anualmente en €

$$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$$

n número de paneles, o filas iguales, conectados en paralelo

I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A

k conductividad en $(m/(\Omega \cdot mm^2))$

$N_{d,m}$ número de días del mes m que la instalación está conectada a la red

G_m $\sum_0^{24} G_h^2$ para el mes m

G_h irradiación horaria en kWh/m^2

p_e precio neto de venta de la electricidad en €/kWh

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red (VI/IX)

$$C_c = L \cdot p_c / N_{av} \quad (7)$$

En esta asignatura nos limitaremos al retorno de capital simple (PB)

donde

C_c	coste anual del cable en €
L	longitud en metros
p_c	precio del conductor ya instalado, en €/kWh
N_{av}	número de años de vida de la instalación

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red (VII/IX)

$$I = \left(\frac{1}{S_{REBT}} - \frac{1}{S} \right) \cdot B$$

donde

I incremento de ingreso, por venta de electricidad, de una sección respecto del ingreso que se tendría para la sección prescrita por el REBT (€/m·año)

S_{REBT} sección mínima del cable según el REBT en mm²

S sección del cable que se instalará en mm²

$B = A \cdot p_e \cdot \sum_0^{12} N_{d,m} \cdot G_m$

$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$

p_e precio neto de venta de la electricidad en €/kWh

$N_{d,m}$ número de días del mes m que la instalación está conectada a la red

$G_m = \sum_0^{24} G_h^2$ para el mes m

G_h irradiación horaria en kWh/m²

n número de paneles, o filas iguales, conectados en paralelo

I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A

k conductividad en m/(Ω · mm²)

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red (VIII/IX)

$$E = p_c - p_{c,REBT} \quad (9)$$

El tiempo de retorno de capital simple (PB) es el tiempo que debería transcurrir hasta que el incremento de ingreso acumulado iguale al exceso de capital invertido.

donde

- E coste extra de instalación de un cable de sección mayor que el establecido por el REBT en €
- p_c precio del cable, por unidad de longitud, que se instalará, en €/m
- $p_{c,REBT}$ precio del cable para la sección S_{REBT} en €/m

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red (IX/IX)

$$E = p_c - p_{c,REBT} \quad (9)$$

El tiempo de retorno de capital simple (PB) es el tiempo que debería transcurrir hasta que el incremento de ingreso acumulado iguale al exceso de capital invertido.

$$PB = E / I \quad (10)$$

donde

E	coste extra de instalación de un cable de sección mayor que el establecido por el REBT en €
p_c	precio del cable, por unidad de longitud, que se instalará, en €/m
$p_{c,REBT}$	precio del cable para la sección S_{REBT} en €/m
PB	tiempo de retorno de capital simple, en años
I	incremento de ingreso, por venta de electricidad, de una sección respecto del ingreso que se tendría para la sección prescrita por el REBT (€/m·año)

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico

La sección de un campo de colectores fotovoltaicos está formada por 15 paneles asociados en serie. La corriente de cortocircuito de cada panel es 5.2 A en condiciones de medición estándar (STC). La irradiación horaria, en media mensual, para la inclinación y orientación de los paneles y lugar de la instalación, se muestra en la tabla de la diapositiva siguiente. La conductividad del cable es $47 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ y su sección, según el REBT es 35 mm^2 .

Calcular el tiempo de retorno de capital simple para las cinco secciones siguientes, según el REBT, aceptando este escenario económico: el precio de venta de la electricidad es de 0.44 €/kWh , el estudio se extiende a 20 años, la tasa de actualización del dinero se supone constante e igual a 0.03 (3%) y el precio del cable, para distintas secciones, es el que se mostrará en la siguiente diapositiva.

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (tablas)

Irradiación horaria para la orientación, inclinación y lugar de la instalación

Hora	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5-6	0	0	0	6	31	43	38	18	0	0	0	0
6-7	0	0	51	85	126	136	139	112	62	0	0	0
7-8	40	108	195	203	254	255	274	252	187	131	63	1
8-9	186	240	358	331	390	379	414	403	326	267	189	142
9-10	312	371	516	452	515	493	543	542	459	402	310	250
10-11	415	480	641	546	611	579	641	650	563	510	409	340
11-12	473	527	710	598	663	636	694	709	620	570	464	391

Nota: La hora se da en tiempo solar verdadero (TSV)

La irradiación se da en Wh/m²

La irradiación después del mediodía es simétrica, es decir, la correspondiente a las 12-13 es igual a la dada para las 11-12; la correspondiente a las 13-14 es igual a la dada para las 10-11, etc.

Precio unitario del cable ya instalado

S (mm²)	35	50	70	95	120	15	185	240
p_c (€/m)	5.0	6.5	9.0	12.5	15.5	19.0	25.0	31.0

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Pasos I/III)

Paso 1: Cálculo de A

Paso 2: Cálculo de G_m

Paso 3: Cálculo del valor de G_m para los doce meses del año y cálculo del parámetro B

donde

$$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$$

n número de paneles, o filas iguales, conectados en paralelo

I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A

k conductividad en $(m/(\Omega \cdot mm^2))$

G_m $\sum_0^{24} G_h^2$ para el mes m , en , en kWh/m^2

G_h irradiación horaria en kWh/m^2

$B = A \cdot p_e \cdot \sum_0^{12} N_{d,m} \cdot G_m$

p_e precio neto de venta de la electricidad en €/kWh

$N_{d,m}$ número de días del mes m que la instalación está conectada a la red

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Pasos II/III)

Paso 4: Cálculo de I ; $I = \left(\frac{1}{S_{REBT}} - \frac{1}{S} \right) \cdot B \quad \text{€}/(m \cdot \text{año})$

donde

I incremento de ingreso, por venta de electricidad, de una sección respecto del ingreso que se tendría para la sección prescrita por el REBT (€/m·año)

S_{REBT} sección mínima del cable según el REBT en mm²

S sección del cable que se instalará en mm²

$B = A \cdot p_e \cdot \sum_0^{12} N_{d,m} \cdot G_m$

$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$

p_e precio neto de venta de la electricidad en €/kWh

$N_{d,m}$ número de días del mes m que la instalación está conectada a la red

$G_m = \sum_0^{24} G_h^2$ para el mes m

G_h irradiación horaria en kWh/m²

n número de paneles, o filas iguales, conectados en paralelo

I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A

k conductividad en m/(Ω · mm²)

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Pasos III/III)

Paso 5: Cálculo del tiempo de retorno de capital simple para las cinco secciones siguientes a la reglamentaria

$$E = p_c - p_{c,REBT} \quad (9)$$

S (mm²)	?	?	?	??
p_c (€/m)	?	?	?	??
I [€/(m·año)]	?	?	?	??
E (€/m)	?	?	?	??
PB (años)	?	?	?	??

donde

- S sección del conductor, en mm^2
- p_c precio del cable, por unidad de longitud, que se instalará, en €/m
- I incremento de ingreso, por venta de electricidad, de una sección respecto del ingreso que se tendría para la sección prescrita por el REBT (€/(m·año))
- E coste extra de instalación de un cable de sección mayor que el establecido por el REBT en €
- PB tiempo de retorno de capital simple (años)

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Pasos I/III)

Paso 1: Cálculo de A

Paso 2: Cálculo de G_m

Paso 3: Cálculo del valor de G_m para los doce meses del año y cálculo del parámetro B

donde

$$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$$

n número de paneles, o filas iguales, conectados en paralelo

I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A

k conductividad en $(m/(\Omega \cdot mm^2))$

G_m $\sum_0^{24} G_h^2$ para el mes m , en , en kWh/m^2

G_h irradiación horaria en kWh/m^2

$B = A \cdot p_e \cdot \sum_0^{12} N_{d,m} \cdot G_m$

p_e precio neto de venta de la electricidad en €/kWh

$N_{d,m}$ número de días del mes m que la instalación está conectada a la red

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Solución I/V)

$$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{(n \cdot I_{cc})^2}{k} = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{(15 \cdot 5.2)^2}{47} = 0.105$$

donde

$$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$$

n número de paneles, o filas iguales, conectados en paralelo

I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A

k conductividad en $(m/(\Omega \cdot mm^2))$

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Pasos I/III)

Paso 1: Cálculo de A

Paso 2: Cálculo de G_m

Paso 3: Cálculo del valor de G_m para los doce meses del año y cálculo del parámetro B

donde

$$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$$

n número de paneles, o filas iguales, conectados en paralelo

I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A

k conductividad en $(m/(\Omega \cdot mm^2))$

G_m $\sum_0^{24} G_h^2$ para el mes m , en , en kWh/m^2

G_h irradiación horaria en kWh/m^2

$B = A \cdot p_e \cdot \sum_0^{12} N_{d,m} \cdot G_m$

p_e precio neto de venta de la electricidad en €/kWh

$N_{d,m}$ número de días del mes m que la instalación está conectada a la red

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Solución II/V)

Irradiación horaria para la orientación, inclinación y lugar de la instalación

Hora	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5-6	0	0	0	6	31	43	38	18	0	0	0	0
6-7	0	0	51	85	126	136	139	112	62	0	0	0
7-8	40	108	195	203	254	255	274	252	187	131	63	1
8-9	186	240	358	331	390	379	414	403	326	267	189	142
9-10	312	371	516	452	515	493	543	542	459	402	310	250
10-11	415	480	641	546	611	579	641	650	563	510	409	340
11-12	473	527	710	598	663	636	694	709	620	570	464	391

Nota: La hora se da en tiempo solar verdadero (TSV)

La irradiación se da en Wh/m²

La irradiación después del mediodía es simétrica, es decir, la correspondiente a las 12-13 es igual a la dada para las 11-12; la correspondiente a las 13-14 es igual a la dada para las 10-11, etc.

$$G_m = \sum_0^{24} G_h^2 = [40^2 + 186^2 + 312^2 + 415^2 + 473^2] \cdot \left(\frac{2}{1000^2} \right) = 1.059 \text{ kWh/m}^2$$

donde

G_m $\sum_0^{24} G_h^2$ para el mes m;

G_h irradiación horaria en kWh/m²

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Pasos I/III)

Paso 1: Cálculo de A

Paso 2: Cálculo de G_m

Paso 3: Cálculo del valor de G_m para los doce meses del año y cálculo del parámetro B

donde

$$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$$

n número de paneles, o filas iguales, conectados en paralelo

I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A

k conductividad en $(m/(\Omega \cdot mm^2))$

G_m $\sum_0^{24} G_h^2$ para el mes m , en , en kWh/m^2

G_h irradiación horaria en kWh/m^2

$B = A \cdot p_e \cdot \sum_0^{12} N_{d,m} \cdot G_m$

p_e precio neto de venta de la electricidad en €/kWh

$N_{d,m}$ número de días del mes m que la instalación está conectada a la red

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Solución III/V)

$$B = A \cdot p_e \cdot \sum_0^{12} N_{d,m} \cdot G_m$$

$$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$$

p_e precio neto de venta de la electricidad en €/kWh

$N_{d,m}$ número de días del mes m que la instalación está conectada a la red

G_m $\sum_0^{24} G_h^2$ para el mes m

G_h irradiación horaria en kWh/m²

Cálculo del valor de G_m para los doce meses del año y cálculo del parámetro B

Hora	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5-6	0	0	0	6	31	43	38	18	0	0	0	0
6-7	0	0	51	85	126	136	139	112	62	0	0	0
7-8	40	108	195	203	254	255	274	252	187	131	63	1
8-9	186	240	358	331	390	379	414	403	326	267	189	142
9-10	312	371	516	452	515	493	543	542	459	402	310	250
10-11	415	480	641	546	611	579	641	650	563	510	409	340
11-12	473	527	710	598	663	636	694	709	620	570	464	391
G_m	1.059	1.430	2.700	2.036	2.623	2.398	2.909	2.915	2.114	1.670	1.037	0.702
$N_{d,m}$	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$G_m \cdot N_{d,m}$	32.83	41.47	83.7	61.08	81.31	71.94	90.18	90.37	63.42	51.77	31.11	21.76

$$B = A \cdot p_e \cdot \sum_0^{12} N_{d,m} \cdot G_m = 0.105 \cdot 0.44 \cdot 720.94 = 33.3$$

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Pasos II/III)

Paso 4: Cálculo de I ; $I = \left(\frac{1}{S_{REBT}} - \frac{1}{S} \right) \cdot B$ €/($m \cdot$ año)

donde

I incremento de ingreso, por venta de electricidad, de una sección respecto del ingreso que se tendría para la sección prescrita por el REBT (€/($m \cdot$ año))

S_{REBT} sección mínima del cable según el REBT en mm^2

S sección del cable que se instalará en mm^2

B = $A \cdot p_e \cdot \sum_0^{12} N_{d,m} \cdot G_m$

$A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$

p_e precio neto de venta de la electricidad en €/kWh

$N_{d,m}$ número de días del mes m que la instalación está conectada a la red

G_m $\sum_0^{24} G_h^2$ para el mes m

G_h irradiación horaria en kWh/m^2

n número de paneles, o filas iguales, conectados en paralelo

I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A

k conductividad en $(m/(\Omega \cdot mm^2))$

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Solución IV/V)

$$I = \left(\frac{1}{S_{REBT}} - \frac{1}{S} \right) \cdot B = \left(\frac{1}{35} - \frac{1}{S} \right) \cdot 33.3 = 0.952 - \frac{33.3}{S} \quad \text{€}/(m \cdot \text{año})$$

donde

- I el REBT incremento de ingreso, por venta de electricidad, de una sección respecto del ingreso que se tendría para la sección prescrita por (€/m·año)
- S_{REBT} sección mínima del cable según el REBT en mm²
- S sección del cable que se instalará en mm²
- $B = A \cdot p_e \cdot \sum_0^{12} N_{d,m} \cdot G_m$
- $A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$
- p_e precio neto de venta de la electricidad en €/kWh
- $N_{d,m}$ número de días del mes m que la instalación está conectada a la red
- $G_m = \sum_0^{24} G_h^2$ para el mes m
- G_h irradiación horaria en kWh/m²
- n número de paneles, o filas iguales, conectados en paralelo
- I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A
- k conductividad en m/(Ω · mm²)

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Pasos III/III)

Paso 5: Cálculo del tiempo de retorno de capital simple para las cinco secciones siguientes a la reglamentaria

$$E = p_c - p_{c,REBT} \quad (9)$$

S (mm²)	?	?	?	??
p_c (€/m)	?	?	?	??
I [€/(m·año)]	?	?	?	??
E (€/m)	?	?	?	??
PB (años)	?	?	?	??

donde

S sección del conductor, en mm^2

p_c precio del cable, por unidad de longitud, que se instalará, en €/m

I incremento de ingreso, por venta de electricidad, de una sección respecto del ingreso que se tendría para la sección prescrita por el REBT (€/m·año)

E coste extra de instalación de un cable de sección mayor que el establecido por el REBT en €

PB tiempo de retorno de capital simple (años)

4. Conocimientos básicos

4.4 Cálculo de la sección económica para una instalación conectada a la red. Ejemplo numérico (Solución V/V)

$$E = p_c - p_{c,REBT} = p_c - 5.0 \text{ €/m} \quad (9)$$

Cálculo del tiempo de retorno de capital simple para las cinco secciones siguientes a las de 35 mm²

S (mm²)	50	70	95	120	150
p_c (€/m)	6.5	9.0	12.5	15.5	19.0
I [€/((m·año))]	0.286	0.476	0.601	0.675	0.730
E (€/m)	1.5	4.0	7.5	10.5	14.0
PB (años)	5.2	8.4	12.5	15.6	19.2

donde

- S sección del conductor, en mm^2
- p_c precio del cable, por unidad de longitud, que se instalará, en €/m
- I incremento de ingreso, por venta de electricidad, de una sección respecto del ingreso que se tendría para la sección prescrita por el REBT (€/((m·año))
- E coste extra de instalación de un cable de sección mayor que el establecido por el REBT en €
- PB tiempo de retorno de capital simple (años)

$$B = A \cdot p_e \cdot \sum_{m=1}^{12} N_{d,m} \cdot G_m = 0.105 \cdot 0.30 \cdot 720.94 = 23.6$$

$$I = \left(\frac{1}{S_{REBT}} - \frac{1}{S} \right) \cdot B = \left(\frac{1}{35} - \frac{1}{50} \right) \cdot 23.6 = 0.202 \text{ €/}(m \cdot \text{año})$$

$$E = p_c - p_{c,REBT} = p_c - 5.0 \frac{\text{€}}{m} = 6.5 - 5.0 = 1.5 \text{ €/}m$$

$$PB = \frac{E}{I} = \frac{1.5}{0.202} = 7.4 \text{ años} \quad (10)$$

donde

- $B = A \cdot p_e \cdot \sum_{m=1}^{12} N_{d,m} \cdot G_m$;
- $A = 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot (n \cdot I_{cc})^2 / k$;
- p_e precio neto de venta de la electricidad en €/kWh
- $N_{d,m}$ número de días del mes m que la instalación está conectada a la red
- $G_m = \sum_{h=1}^{24} G_h^2$ para el mes m
- G_h irradiación horaria en kWh/m^2
- n número de paneles, o filas iguales, conectados en paralelo
- I_{cc} intensidad de cortocircuito para la irradiación media diaria en A
- k conductividad en $(m/(\Omega \cdot mm^2))$
- I incremento de ingreso, por venta de electricidad, de una sección respecto del ingreso que se tendría para la sección prescrita por el REBT (€/)(m·año)
- S_{REBT} sección mínima del cable según el REBT en mm^2
- S sección del cable que se instalará en mm^2
- E coste extra de instalación de un cable de sección mayor que el establecido por el REBT en €
- p_c precio del cable, por unidad de longitud, que se instalará, en €/m
- PB tiempo de retorno de capital simple (años)

FOTOVOLTAICA, BIOMASA Y COGENERACION

FIN

¿¿¿¿PREGUNTAS????

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



FOTOVOLTAICA, BIOMASA Y COGENERACION

BLOQUE I: Principios de generación y diseño de instalaciones
fotovoltaica. Clase V

5. Análisis económico.

5.1 Coste neto de la instalación FV y beneficio anual neto (I/II)

$$C = C_{spf} - S \quad (8)$$

donde

- C coste neto, en €
- C_{spf} coste de la instalación, llaves en mano (en €)
- S subvención, en €

5. Análisis económico.

5.1 Coste neto de la instalación FV y beneficio anual neto (II/II)

$$C = C_{spf} - S \quad (8)$$

$$B = I_{ve} - G_{fv} \quad (9)$$

donde

- C coste neto, en €
- C_{spf} coste de la instalación, llaves en mano (en €)
- S subvención, en €
- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €

5. Análisis económico.

5.2 Tiempo de retorno de la instalación: simple (PB) y actualizado (PBA)

$$PB = C/B \quad (10)$$

$$PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)} \quad (11)$$

donde

- PB retorno de la inversión simple
- C coste neto, en €
- B beneficio neto anual, en €
- PBA retorno de la inversión actualizado
- k tasa de actualización en tanto por uno

5. Análisis económico.

5.3 Valor actual neto de la inversión, VAN (I/II)

Diferencia entre el valor acumulado del beneficio neto actualizado y el valor de la inversión realizada.

$$VAN = -C + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{B_i}{(1+k)^i} \quad (12)$$

donde

- VAN valor actual neto, en €
- C valor de la inversión realizada, en €
- B beneficio neto para el año i , en €
- k tasa de actualización en tanto por uno
- n número de años de estudio de inversión

5. Análisis económico.

5.3 Valor actual neto de la inversión, VAN (II/II)

Diferencia entre el valor acumulado del beneficio neto actualizado y el valor de la inversión realizada.

$$VAN = -C + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{B_i}{(1+k)^i} \quad (12)$$

$$VAN = -C + B \cdot r \cdot [(1 - r^n)/(1 - r)] \quad (13)$$

donde

- VAN valor actual neto, en €
- C valor de la inversión realizada, en €
- B_i beneficio neto para el año i , en €
- k tasa de actualización en tanto por uno
- n número de años de estudio de inversión
- r factor de actualización = $1/(1 + k)$

El VAN puede entenderse como el dinero que se ha recuperado, al cabo de unos años de realizada la inversión, en euros al año en que se ha efectuado esta inversión.

5. Análisis económico.

5.4 Tasa de rendimiento interno de la inversión (TRI)

$$VAN = -C + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{B_i}{(1+k)^i} \quad (12)$$

$$C = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{B_i}{(1+TRI)^i} \quad (14)$$

En el caso de mantenerse el beneficio constante

$$\frac{C}{B} = r \cdot [(1 - r^n)/(1 - r)] \quad (15)$$

donde

- VAN valor actual neto, en €
- C valor de la inversión realizada, en €
- B_i beneficio neto para el año i , en €
- k tasa de actualización en tanto por uno
- n número de años de estudio de inversión
- r factor de actualización = $1/(1 + k)$

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 1

Una instalación fotovoltaica tiene instalada una potencia pico de 100 kWp y genera 2.85 kWh/día por kWp instalado. En promedio anual se estima que el coste de la instalación es 6000 €/kWp y que los gastos de mantenimiento son 0.02 €/kWh generado. El total de ayudas y subvenciones cubre el 30% del coste de la instalación.

Calcular cómo evoluciona el tiempo de retorno simple de la inversión en función del precio de venta de la electricidad (entre 0.1 y 0.8 €/kWh).

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 1 (Pasos I/II)

Paso 1: Cálculo del coste de la instalación: $P_p \cdot C_p$

Paso 2: Cálculo de las subvenciones: $C_{TI} \cdot AS$

Paso 3: Cálculo del coste neto: $C_{TI} - S$

Paso 4: Cálculo de la electricidad anual generada: $E_D \cdot n$

Paso 5: Gastos de mantenimiento: $E_A \cdot G_m$

donde

- P_p potencia pico de la instalación fotovoltaica, en kWp
- C_p coste de la instalación en €/kWp
- C_{TI} coste total de la instalación en €
- AS porcentaje de ayudas y subvenciones
- S subvenciones, en €
- E_D electricidad generada por día, en kWh/día
- n número de días en un año
- E_A electricidad generada al cabo de un año, en kWh/año
- G_m gastos de mantenimiento en €/kWh generado

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 1 (Pasos II/II)

Paso 6: Cálculo del ingreso neto anual por venta de electricidad : $I_{ve} = E_A \cdot P_V$

Paso 7: Cálculo del beneficio neto anual, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 8: Cálculo del retorno de la inversión simple, en años, $PB = C/B$

donde

- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- E_A electricidad generada al cabo de un año, en kWh/año
- P_V precio de venta de la electricidad, en €/kWh
- B beneficio neto anual, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- PB retorno de la inversión simple, en años
- C coste neto, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 1 (Pasos I/II)

Paso 1: Cálculo del coste de la instalación: $P_p \cdot C_p$

Paso 2: Cálculo de las subvenciones: $C_{TI} \cdot AS$

Paso 3: Cálculo del coste neto: $C_{TI} - S$

Paso 4: Cálculo de la electricidad anual generada: $E_D \cdot n$

Paso 5: Gastos de mantenimiento: $E_A \cdot G_m$

donde

- P_p potencia pico de la instalación fotovoltaica, en kWp
- C_p coste de la instalación en €/kWp
- C_{TI} coste total de la instalación en €
- AS porcentaje de ayudas y subvenciones
- S subvenciones, en €
- E_D electricidad generada por día, en kWh/día
- n número de días en un año
- E_A electricidad generada al cabo de un año, en kWh/año
- G_m gastos de mantenimiento en €/kWh generado

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 1 (Solución I/II)

Coste de la instalación: $P_p \cdot C_p = 100 \cdot 6000 = 600\,000\text{€} = 600\text{ k€}$

Subvenciones: $C_{TI} \cdot AS = 600\,000 \cdot 0.30 = 180\,000\text{€} = 180\text{ k€}$

Coste neto: $C_{TI} - S = 600\,000 - 180\,000 = 420\,000\text{€} = 420\text{ k€}$

Electricidad anual generada: $E_D \cdot 365 \cdot 100 = 2.85 \cdot 365 \cdot 100 = 104\,025 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$

Gastos de mantenimiento: $E_A \cdot G_m = 104\,205 \cdot 0.02 = \frac{2081\text{€}}{\text{año}} = 2.081\text{ k€/año}$

donde

- P_p potencia pico de la instalación fotovoltaica, en kWp
- C_p coste de la instalación en €/kWp
- C_{TI} coste total de la instalación en €
- AS porcentaje de ayudas y subvenciones
- S subvenciones, en €
- E_D electricidad generada por día, en kWh/día
- n número de días en un año
- E_A electricidad generada al cabo de un año, en kWh/año
- G_m gastos de mantenimiento en €/kWh generado

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 1 (Pasos II/II)

Paso 6: Cálculo del ingreso neto anual por venta de electricidad : $I_{ve} = E_A \cdot P_V$

Paso 7: Cálculo del beneficio neto anual, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 8: Cálculo del retorno de la inversión simple, en años, $PB = C/B$

donde

- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- E_A electricidad generada al cabo de un año, en kWh/año
- P_V precio de venta de la electricidad, en €/kWh
- B beneficio neto anual, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- PB retorno de la inversión simple, en años
- C coste neto, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 1 (Solución II/II)

$$PB = C / B \quad (10)$$

$$I_{ve} = E_A \cdot P_V$$

$$B = I_{ve} - G_{fv}$$

donde

- PB retorno de la inversión simple, en años
- C coste neto, en €
- B beneficio neto anual, en €
- P_V precio de venta de la electricidad, en €/kWh
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- E_A electricidad generada al cabo de un año, en kWh/año

P. venta €/kWh	I_{ve} k€/año	G_{fv} k€/año	B k€/año	PB años
0.1	10.403	2.081	8.322	50.5
0.2	20.805	2.081	18.725	22.4
0.3	31.209	2.081	29.128	14.4
0.4	41.612	2.081	39.531	10.6
0.5	52.015	2.081	49.934	8.4
0.6	62.418	2.081	60.337	7.0
0.7	72.821	2.081	70.740	5.9
0.8	83.224	2.081	81.143	5.2

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 2

El coste neto de una instalación fotovoltaica es 420 k€, genera 104 MWh/año, el gasto por mantenimiento es 2.081 k€/año y la tasa de actualización es del 3%. Calcular el tiempo de retorno de la instalación actualizado (PBA) de la inversión con un precio de venta de la electricidad de 0.5 €/kWh y 0.3 €/kWh.

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 2 (Pasos)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.5 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

Paso 3: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.3 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 4: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- PBA retorno de la inversión actualizado
- k tasa de actualización en tanto por uno
- C coste neto, en €
- B beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 2 (Pasos)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.5 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

Paso 3: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.3 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 4: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- PBA retorno de la inversión actualizado
- k tasa de actualización en tanto por uno
- C coste neto, en €
- B beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 2 (Solución I/V)

$$\begin{aligned} B &= I_{ve} - G_{fv} \\ &= 52.015 - 2.081 \\ &= 49.934 \text{ k€/año} \end{aligned}$$

P. venta €/kWh	I_{ve} k€/año	G_{fv} k€/año	B k€/año	PB años
0.1	10.403	2.081	8.322	50.5
0.2	20.805	2.081	18.725	22.4
0.3	31.209	2.081	29.128	14.4
0.4	41.612	2.081	39.531	10.6
0.5	52.015	2.081	49.934	8.4
0.6	62.418	2.081	60.337	7.0
0.7	72.821	2.081	70.740	5.9
0.8	83.224	2.081	81.143	5.2

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 2 (Pasos I/II)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.5 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

Paso 3: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.3 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 4: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- PBA retorno de la inversión actualizado
- k tasa de actualización en tanto por uno
- C coste neto, en €
- B beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 2 (Solución II/V)

$$PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)} = \frac{\log(1-0.03 \cdot 420/49934)}{-\log(1+0.03)} = 9.9 \text{ años} \quad (11)$$

donde

PBA	retorno de la inversión actualizado
k	tasa de actualización en tanto por uno
C	coste neto, en €
B	beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 2 (Pasos I/II)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.5 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

Paso 3: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.3 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 4: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- PBA retorno de la inversión actualizado
- k tasa de actualización en tanto por uno
- C coste neto, en €
- B beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 2 (Solución III/V)

$$\begin{aligned} B &= I_{ve} - G_{fv} \\ &= 31.209 - 2.081 \\ &= 29.128 \text{ k€/año} \end{aligned}$$

P. venta €/kWh	I_{ve} k€/año	G_{fv} k€/año	B k€/año	PB años
0.1	10.403	2.081	8.322	50.5
0.2	20.805	2.081	18.725	22.4
0.3	31.209	2.081	29.128	14.4
0.4	41.612	2.081	39.531	10.6
0.5	52.015	2.081	49.934	8.4
0.6	62.418	2.081	60.337	7.0
0.7	72.821	2.081	70.740	5.9
0.8	83.224	2.081	81.143	5.2

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 2 (Pasos I/II)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.5 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

Paso 3: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.3 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 4: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- PBA retorno de la inversión actualizado
- k tasa de actualización en tanto por uno
- C coste neto, en €
- B beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 2 (Solución IV/V)

$$PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)} = \frac{\log(1-0.03 \cdot 420/29128)}{-\log(1+0.03)} = 19.2 \text{ años} \quad (11)$$

donde

PBA	retorno de la inversión actualizado
k	tasa de actualización en tanto por uno
C	coste neto, en €
B	beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 2 (Solución V/V)

$$PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)} = \frac{\log(1-0.03 \cdot 420/29128)}{-\log(1+0.03)} = 19.2 \text{ años} \quad (11)$$

Para PB = 8.4 años;

PBA = 9.9 años

Para PB = 14.4 años;

PBA = 19.2 años

donde

PBA retorno de la inversión actualizado
 k tasa de actualización en tanto por uno
 C coste neto, en €
 B beneficio neto anual, en €

El valor del retorno de la inversión actualizado (PBA) se aleja más del retorno de la inversión simple (PB) a medida que el retorno de la inversión simple (PB) aumenta, con todos los demás datos constantes

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 3

El coste neto de una instalación fotovoltaica es 420 k€, genera 104 MWh/año, el gasto por mantenimiento es 2.081 k€/año y el precio de venta de la electricidad es 0.5 €/kWh.

Calcular el tiempo de retorno de la instalación actualizado (PBA) para una tasa de actualización del 3% y del 5%.

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 3 (Pasos)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.5 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

Paso 3: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, con una tasa de descuento del 5%, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- PBA retorno de la inversión actualizado
- k tasa de actualización en tanto por uno
- C coste neto, en €
- B beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 3 (Pasos)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.5 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

Paso 3: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, con una tasa de descuento del 5%, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- PBA retorno de la inversión actualizado
- k tasa de actualización en tanto por uno
- C coste neto, en €
- B beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 3 (Solución I/III)

$$\begin{aligned} B &= I_{ve} - G_{fv} \\ &= 52.015 - 2.081 \\ &= 49.934 \text{ k€/año} \end{aligned}$$

P. venta €/kWh	I_{ve} k€/año	G_{fv} k€/año	B k€/año	PB años
0.1	10.403	2.081	8.322	50.5
0.2	20.805	2.081	18.725	22.4
0.3	31.209	2.081	29.128	14.4
0.4	41.612	2.081	39.531	10.6
0.5	52.015	2.081	49.934	8.4
0.6	62.418	2.081	60.337	7.0
0.7	72.821	2.081	70.740	5.9
0.8	83.224	2.081	81.143	5.2

donde

B beneficio neto anual, en €
 I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
 G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 3 (Pasos)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.5 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

Paso 3: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, con una tasa de descuento del 5%, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- PBA retorno de la inversión actualizado
- k tasa de actualización en tanto por uno
- C coste neto, en €
- B beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 3 (Solución II/III)

$$PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)} = \frac{\log(1-0.03 \cdot 420/49934)}{-\log(1+0.03)} = 9.9 \text{ años} \quad (11)$$

donde

PBA	retorno de la inversión actualizado
k	tasa de actualización en tanto por uno
C	coste neto, en €
B	beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 3 (Pasos)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de 0.5 €/kWh, en €, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

Paso 3: Cálculo del retorno de la inversión actualizado, PBA, en años, con una tasa de descuento del 5%, $PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)}$

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- PBA retorno de la inversión actualizado
- k tasa de actualización en tanto por uno
- C coste neto, en €
- B beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 3 (Solución III/III)

$$PBA = \frac{\log(1-k \cdot C/B)}{-\log(1+k)} = \frac{\log(1-0.05 \cdot 420/49934)}{-\log(1+0.05)} = 11.2 \text{ años} \quad (11)$$

donde

PBA	retorno de la inversión actualizado
k	tasa de actualización en tanto por uno
C	coste neto, en €
B	beneficio neto anual, en €

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 4

El coste neto de una instalación fotovoltaica es 420 k€, genera 104 MWh/año, el gasto por mantenimiento es 2.081 k€/año y la tasa de actualización es del 3%. Calcular el VAN de la inversión, a 20 años, con un precio de venta de la electricidad de 0.5 €/kWh y 0.3 kWh.

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 4 (Pasos I/II)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de la electricidad de 0.5 €/kWh, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del factor de actualización, $r = \frac{1}{1+k}$

Paso 3: Cálculo del valor actual neto $VAN = -C + B \cdot r \cdot \left[\frac{(1-r^n)}{1-r} \right]$

donde

B	beneficio neto anual, en €
I_{ve}	ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
G_{fv}	gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
r	factor de actualización
k	tasa de actualización en tanto por uno
VAN	valor actual neto, en €
C	valor de la inversión realizada, en €
n	número de años de estudio de inversión

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 4 (Pasos II/II)

Paso 4: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de la electricidad de 0.3 €/kWh, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 5: Cálculo del factor de actualización, $r = \frac{1}{1+k}$

Paso 6: Cálculo del valor actual neto $VAN = -C + B \cdot r \cdot \left[\frac{(1-r^n)}{1-r} \right]$

donde

B	beneficio neto anual, en €
I_{ve}	ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
G_{fv}	gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
r	factor de actualización
k	tasa de actualización en tanto por uno
VAN	valor actual neto, en €
C	valor de la inversión realizada, en €
n	número de años de estudio de inversión

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 4 (Pasos I/II)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de la electricidad de 0.5 €/kWh, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del factor de actualización, $r = \frac{1}{1+k}$

Paso 3: Cálculo del valor actual neto $VAN = -C + B \cdot r \cdot \left[\frac{(1-r^n)}{1-r} \right]$

donde

B	beneficio neto anual, en €
I_{ve}	ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
G_{fv}	gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
r	factor de actualización
k	tasa de actualización en tanto por uno
VAN	valor actual neto, en €
C	valor de la inversión realizada, en €
n	número de años de estudio de inversión

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 4 (Solución I/IV)

$$B = I_{ve} - G_{fv} = 52.015 - 2.081 = 49.934 \text{ k€}/\text{año}$$

$$r = \frac{1}{1 + k} = \frac{1}{1 + 0.03} = 0.971$$

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- r factor de actualización
- k tasa de actualización en tanto por uno

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 4 (Pasos I/II)

Paso 1: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de la electricidad de 0.5 €/kWh, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 2: Cálculo del factor de actualización, $r = \frac{1}{1+k}$

Paso 3: Cálculo del valor actual neto $VAN = -C + B \cdot r \cdot \left[\frac{(1-r^n)}{1-r} \right]$

donde

B	beneficio neto anual, en €
I_{ve}	ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
G_{fv}	gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
r	factor de actualización
k	tasa de actualización en tanto por uno
VAN	valor actual neto, en €
C	valor de la inversión realizada, en €
n	número de años de estudio de inversión

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 4 (Solución II/IV)

$$VAN = -C + B \cdot r \cdot \left[\frac{(1-r^n)}{1-r} \right] = -420 + 49\,934 \cdot 0.971 \cdot \left[\frac{(1-0.971^{20})}{0.03} \right] =$$
$$-420 + 719 = 299 \text{ €} \quad (13)$$

donde

VAN valor actual neto, en €

C valor de la inversión realizada, en €

B beneficio neto, en €

r factor de actualización $= \frac{1}{1+k}$

k tasa de actualización en tanto por uno

n número de años de estudio de inversión

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 4 (Pasos II/II)

Paso 4: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de la electricidad de 0.3 €/kWh, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 5: Cálculo del factor de actualización, $r = \frac{1}{1+k}$

Paso 6: Cálculo del valor actual neto $VAN = -C + B \cdot r \cdot \left[\frac{(1-r^n)}{1-r} \right]$

donde

B	beneficio neto anual, en €
I_{ve}	ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
G_{fv}	gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
r	factor de actualización
k	tasa de actualización en tanto por uno
VAN	valor actual neto, en €
C	valor de la inversión realizada, en €
n	número de años de estudio de inversión

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 4 (Solución III/IV)

$$B = I_{ve} - G_{fv} = 31.209 - 2.081 = 29.128 \text{ k€}/\text{año}$$

$$r = \frac{1}{1+k} = \frac{1}{1+0.03} = 0.971$$

donde

- B beneficio neto anual, en €
- I_{ve} ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
- G_{fv} gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
- r factor de actualización
- k tasa de actualización en tanto por uno

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 4 (Pasos II/II)

Paso 4: Cálculo del beneficio neto anual con un precio de venta de la electricidad de 0.3 €/kWh, $B = I_{ve} - G_{fv}$

Paso 5: Cálculo del factor de actualización, $r = \frac{1}{1+k}$

Paso 6: Cálculo del valor actual neto $VAN = -C + B \cdot r \cdot \left[\frac{(1-r^n)}{1-r} \right]$

donde

B	beneficio neto anual, en €
I_{ve}	ingreso neto anual por venta de electricidad, en €
G_{fv}	gastos anuales asociados a la instalación FV, en €
r	factor de actualización
k	tasa de actualización en tanto por uno
VAN	valor actual neto, en €
C	valor de la inversión realizada, en €
n	número de años de estudio de inversión

5. Análisis económico. Ejemplo numérico 4 (Solución IV/IV)

$$VAN = -C + B \cdot r \cdot \left[\frac{(1-r^n)}{1-r} \right] = -420 + 29\,128 \cdot 0.971 \cdot \left[\frac{(1-0.971^{20})}{0.03} \right] =$$
$$-420 + 419 = 1 \text{ €} \quad (13)$$

donde

VAN valor actual neto, en €

C valor de la inversión realizada, en €

B beneficio neto, en €

r factor de actualización $= \frac{1}{1+k}$

k tasa de actualización en tanto por uno

n número de años de estudio de inversión

FOTOVOLTAICA, BIOMASA Y COGENERACION

FIN

¿¿¿¿PREGUNTAS????

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

