

Actualización

Página vi

Se actualiza contenido con nueva norma UNE-HD.

4. Efecto térmico de la electricidad	37
4.1. Efecto Joule	38
4.2. Calor específico	38
4.3. Cálculo de la sección de conductores	39
4.3.1. Cálculo de la sección teniendo en cuenta el calentamiento de los conductores	40
4.3.2. Densidad de corriente de un conductor	42
4.3.3. Por qué se emplean altas tensiones en el transporte de energía eléctrica	42
4.3.4. Caída de tensión en las líneas eléctricas	43
4.3.5. Cálculo de la sección teniendo en cuenta la caída de tensión	44
4.3.6. Cálculo de la sección teniendo en cuenta la norma UNE-HD 60364-5-52	45
4.3.7. Cálculo de la sección de conductores teniendo en cuenta la conductividad ..	45
4.3.8. La caída de tensión según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión	46
Actividades de Enseñanza Aprendizaje	48

Página 2

Se revisa y mejora el contenido de las celdas señaladas en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1.

Nombre de la central	Energía primaria
Central hidráulica	Salto de agua
Central térmica clásica	Calor producido al quemar carbón, derivados del petróleo, gas natural, residuos urbanos, etc.
Central térmica nuclear	Calor producido en una reacción nuclear de fisión o de fusión
Central eólica	Viento
Central termosolar	Calor producido por el sol
Central solar fotovoltaica	Luz del sol
Central mareomotriz	Mareas
Central geotérmica	Calor de la tierra
Biomasa	Residuos forestales, agrícolas y orgánicos

Página 29

Se modifica unidad en enunciado de actividad.

<p>2.3. Se dispone de una linterna que funciona con una pila de 1,5 V; la lamparita tiene una resistencia de 50 Ω. Calcula la intensidad del circuito.</p>

Página 29

Se corrige dato en actividad resuelta.

Actividad Resuelta 3.9

Calcular la energía, en kWh y julios, consumidos por un calefactor de 500 W en 8 horas de funcionamiento.

Solución: $E = P \cdot t = 0,5 \text{ kW} \cdot 8 \text{ h} = 4 \text{ kWh}$

$$500 \text{ W} = 500/1.000 = 0,5 \text{ kW}$$

$$E = P \cdot t = 500 \text{ W} \cdot 28.000 \text{ s} = \\ = 14.400.000 \text{ julios}$$

$$8 \text{ horas} = 8 \cdot 3.600 = 28.800 \text{ s}$$

Página 29

Se modifica unidad en enunciado de actividad.

3.2. ¿A qué tensión habrá que conectar una estufa de 750 W si su resistencia es de 75Ω ? ¿Cuál será la intensidad de la corriente?

Página 30

Se revisa unidad en enunciado de actividad.

3.1. En la Figura 3.8 se muestra, a modo de ejemplo, el extracto de una factura de electricidad de una vivienda. Organizarse en grupos de trabajo e investigar diferentes términos que en él se contemplan.

FACTURA	Lectura anterior	2.400	Lectura actual	2.800	Consumo	400 kWh
Término de potencia	$4,4 \text{ kW} \times 2 \text{ meses} \times 1,824432 \text{ €/kW}$				16,06	€
Término de energía	$400 \text{ kWh} \times 0,150938 \text{ €/kW}$				60,38	€
Imppto. sobre Electr.	$76,44 \text{ €} \times 0,051127$				3,91	€
Alquiler equipos medida					1,08	€
Total					81,43	€
IVA	$21 \% \text{ de } 81,43$				17,10	€
Total Factura					98,53	€

Figura 3.8. Factura de electricidad.

Consigue la factura de la electricidad de la casa donde vives y averigua la potencia contratada, la energía consumida, el coste del impuesto sobre electricidad y el alquiler de los equipos de medida. ¿Cuál hubiera sido el importe total de esta factura si el consumo de energía hubiese sido de 350 kWh para una potencia contratada de $3,3 \text{ kW}$?

Página 42

Se sustituye tabla.

Tabla 4.2. Conductores agrupados.

	Conductores aislados unipolares: línea formada por conductores separados.
	Cable bipolar (multipolar 2x): línea formada por dos conductores unidos por material aislante.
	Cable tripolar ((multipolar 3x): línea formada por tres conductores unidos por material aislante.



Página 43

Se modifica página (texto y tabla) íntegramente.

ELECTRICIDAD-ELECTRÓNICA

4. EFECTO TÉRMICO DE LA ELECTRICIDAD

las instalaciones eléctricas, el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)* nos dicta las normas a seguir para el cálculo de las secciones, facilitando diferentes tablas de consulta que ayudan a dicho cálculo.

En la Tabla 4.3 se indican las intensidades admisibles para cables de cobre a una temperatura ambiente del aire de 40 °C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cables. Esta tabla es un resumen de la Norma UNE-HD 60364-5-52, que data de diciembre de 2014. Para otras temperaturas, métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, así como para conductores enterrados, es necesario consultar de forma directa dicha Norma.



En la Instrucción Técnica complementaria ITC-BT 19 del REBT se indican las normas a seguir para el cálculo de secciones de conductores en instalaciones interiores o receptoras. Si consultas dicha ITC en el texto reglamentario sobre las intensidades admisibles difiere un poco de la que aquí se expone. Eso es debido a que el REBT todavía no se ha actualizado al contenido de la nueva Norma UNE-HD 60364-5-52 que desde el año 2015 sustituye a la Norma UNE 20460-5-23 (que es la que figura en el texto del Reglamento).

Tabla 4.3. Intensidades admisibles (A) para conductores de cobre con una temperatura ambiente de 40 °C.

Método de instalación	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento																			
	PVC 3	PVC 2		XLPE 3	XLPE 2															
A1 Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante																				
A2 Cable multipolares en un conducto en una pared térmicamente aislante																				
B1 Conductores aislados en un conducto sobre una pared de mampostería (1)																				
B2 Cable multipolar un conducto sobre una pared de mampostería (1)																				
C Cables unipolares o multipolares sobre una pared de mampostería (2)																				
E Cables multiconductores al aire libre(3). Distancia a la pared no inferior a 0,3D																				
F Cables unipolares en contacto al aire libre(3). Distancia al muro no inferior a D <i>D es el diámetro del cable</i>																				
	Sección mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13	
		INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES (A)																		
	COBRE	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	-
		2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-
		4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	-
		6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	-
		10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	-
		16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	-
		25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
		35	-	-	-	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
		50	-	-	-	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
		70	-	-	-	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
		95	-	-	-	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
		120	-	-	-	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
		150	-	-	-	-	-	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185	-	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523	
	240	-	-	-	-	-	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617	

PVC2 = línea formada por dos conductores unipolares o un cable bipolar, aislados con policloruro de vinilo
 PVC3 = línea formada por tres conductores unipolares o un cable tripolar, aislados con policloruro de vinilo
 XLPE2 = línea formada por dos conductores unipolares o un cable bipolar, aislados con polietileno reticulado (XLPE) o etileno propileno (EPR)
 XLPE3 = línea formada por tres conductores unipolares o un cable tripolar, aislados con polietileno reticulado (XLPE) o etileno propileno (EPR)

Página 44

Se corrigen los datos señalados.

Actividad Resuelta 4.9

¿Cuál será la intensidad máxima que podrán conducir los conductores de una línea bipolar aislada con PVC instalada directamente sobre la pared si su sección es de 10 mm^2 ? ¿Y si se instala bajo tubo empotrado en obra?

Solución: Consultando la Tabla 4.3:

Para «cables multiconductores directamente sobre la pared» (fila C) «PVC 2» nos encontramos en la columna **8a**, que nos indica que para una sección de 10 mm^2 la intensidad máxima admisible para este conductor es de 54 A.

Para «cables multiconductores en tubos empotrados en obra» (fila B2) «PVC 2» nos encontramos en la columna **5a**, que nos indica que para una sección de 10 mm^2 intensidad máxima es de **43 A**.

Actividad Resuelta 4.10

Para la alimentación eléctrica de un horno se utiliza una línea formada por dos conductores unipolares aislados con polietileno reticulado (XLPE) instalados bajo tubo en pared aislante. Calcular la sección de los conductores si la corriente que absorbe el horno es de 25 A.

Solución: Consultando la Tabla 4.3, para «conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes» (fila A1) «XLPE 2» nos encontramos en la columna **7a**, que nos indica que un conductor de 4 mm^2 sería suficiente ya que posee una intensidad máxima admisible de **29 A**.

Página 46

Se corrige el dato señalado.

La sección comercial que le corresponde es de 35 mm^2 . Ahora comprobamos la intensidad máxima que admite este conductor según la Tabla 4.3: dos conductores unipolares instalados bajo tubo empotrado en obra y aislados con PVC de 35 mm^2 admiten una intensidad de **101 amperios** sin calentarse excesivamente. Como la intensidad de la línea es inferior (37,5 A), damos como **válido el resultado de 35 mm^2** (Figura 4.7).

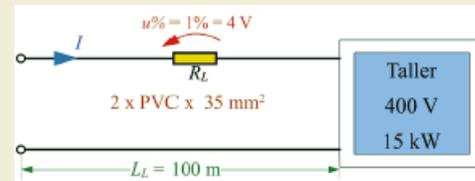


Figura 4.7.

En el caso de que el conductor tuviese una I máxima admisible inferior a la que circula por la línea, habría que tomar una sección superior, predominando en este caso el cálculo de la sección por calentamiento de los conductores al cálculo por caída de tensión.

¿Qué sección le correspondería a esta línea si no se tuviese en cuenta la caída de tensión de la misma?...
 $S = 10 \text{ mm}^2$.

Página 47

Se corrigen los datos señalados.

Al comprobar la intensidad admisible en la Tabla 4.3 observamos que este conductor admite **63 A**. Dado que la intensidad nominal que va a transcurrir por él es de 83 A, habrá que aumentar la sección hasta 50 mm^2 para que no se caliente excesivamente.

4.3.6. Cálculo de la sección teniendo en cuenta la norma

UNE-EN 60364-5-52

Esta norma nos indica que hay que tener en cuenta la resistividad o conductividad del material conductor a utilizar, en las peores condiciones de temperatura que pueda trabajar.

Página 47

Se corrigen los datos señalados.

En la Tabla 4.4 se ha calculado la conductividad que poseerían los conductores para diferentes temperaturas con la idea de tener en cuenta estos resultados a la hora de aplicar la norma UNE-HD 60364-5-52.

Actividad Resuelta 4.14

Calcular la sección de los conductores de la línea de la Actividad Resuelta 4.12, teniendo en cuenta la norma UNE 20460-5-523.

Lo que hacemos es tener en cuenta que para un conductor de cobre aislado con PVC, la resistividad a 70 °C es de 0,02134 Ω · mm²/m.

$$S = \rho \frac{2L_L}{u} I = 0,02134 \frac{2 \cdot 100}{4} 37,5 = 40 \text{ mm}^2$$

La sección comercial que se fabrica es la superior: 50 mm².

Observamos como en este caso al aplicar la norma UNE-HD 60364-5-52 la sección final de los conductores calculada es mayor que en el caso de no haberla aplicado (en la Actividad Resuelta 4.12 el resultado fue de 35 mm²).

Página 48

Se corrigen los datos señalados.

Actividad Resuelta 4.15

Calcular la sección de los conductores de una línea eléctrica que alimenta a un grupo de lámparas de 4.000 W a 230 V. La línea posee una longitud de 110 m y consta de un cable bipolar de cobre aislado con PVC instalado directamente sobre la pared. La caída de tensión máxima que se admite es del 0,5%. Calcular la sección para el caso de que el conductor esté aislado con XLPE.

La sección necesaria para no superar esta caída en el conductor aislado con PVC es:

$$S = \frac{2L_L}{\gamma_{70^\circ\text{C}} \cdot u} I = \frac{2 \cdot 110}{48 \cdot 1,15} 17,4 = 69 \text{ mm}^2$$

Página 48

Se corrigen los datos señalados.

Actividad Propuesta 4.2

Calcula la sección de los conductores de cobre de las líneas para las instalaciones interiores que aparecen en la Tabla 4.5 (aplicar en todos los casos la norma UNE-HD 60364-5-52).

Tabla 4.5.

Ejerc.	P (kW)	U (V)	u (%)	L _L (m)	Instalacion	Conduc.
1.º	2	230	1	10	Unipolares bajo tubo en montaje superficial	PVC 2
2.º	6	400	2	50	Multipolar en bandeja perforada	XLPE 2
3.º	9	230	5	30	Unipolares bajo tubo empotrado en pared aislante	EPR 2
4.º	2,5	100	1,5	15	Multipolar bajo tubo empotrado en obra	PVC 2
5.º	3	400	3	100	Multipolar directamente sobre la pared	XLPE 2


 La solución a esta Actividad Propuesta la puedes encontrar dentro del MATERIAL WEB elaborado para este texto.

Página 49

Se corrige el dato señalado.

suministro sea de C.A., por lo que las fórmulas empleadas para calcular la intensidad de corriente y de la sección por caída de tensión serían algo diferentes. Estos cálculos se realizarán en las Unidades 13, 14 y 15), calcular la sección de los conductores de las derivaciones individuales de un edificio con viviendas de grado de electrificación básica según el esquema de la Figura 4.9. Los conductores empleados son multipolares de polietileno reticulado en montaje empotrado y los contadores están totalmente centralizados.

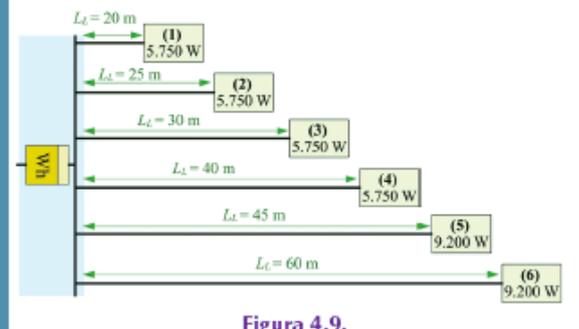


Figura 4.9.

Página 50

Se corrige el dato señalado.

también la densidad de corriente del conductor (se supone que la longitud de este es muy corta, por lo que se prescinde de la caída de tensión).

** Para calcular la sección de los conductores de las Actividades de comprobación 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12, tengase en cuenta la aplicación de la norma **UNE-HD 60364-5-52.**

Página 99

Nueva Figura 8.7.

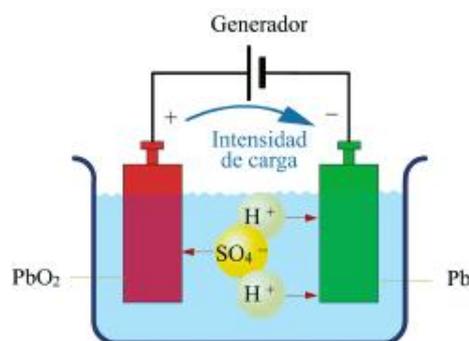


Figura 8.7. Acumulador de plomo descargado en estado de carga.

Página 153

Se incorpora el dato señalado.

$$L = N \cdot \frac{\Phi}{I} = N \cdot \frac{B_0 \cdot S}{I} = N \cdot \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I \cdot S}{l \cdot I} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot S}{l}$$

Página 193

Se corrige el dato señalado.

La sección comercial que le corresponde es de 16 mm². Si consultamos la intensidad máxima admisible para este conductor podremos comprobar que es de 53 A (Tabla 4.3), bastante superior a los 31 A que fluyen por el conductor.

Página 204

Se corrige el dato señalado.

Comprueba si se cumple la primera ley de Kirchhoff:

$$\vec{I}_T = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 = \dots$$

La lectura del voltímetro se calcula aplicando la ley de Ohm entre los extremos de la carga donde está conectado:

$$U = X_C I_2 = 15 \angle -90^\circ \cdot 8 \angle 36,9^\circ = 120 \angle -53,1^\circ$$

(La lectura del voltímetro será de 120 V y su ángulo de desfase respecto a la tensión principal de $-53,1^\circ$).

Página 226

Se corrige fórmula.

$$Q_C = P (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi') = 2.400 (\operatorname{tg} 53,13^\circ - \operatorname{tg} 14,07^\circ) = 2.598 \text{ VAR}$$

Página 229

Se corrige el dato señalado.

Nota: La conductividad que se ha tomado es la del conductor de PVC de cobre en unas condiciones de temperatura máxima de operación de 70 °C, tal como se indica en la correspondiente norma UNE.

Como la corriente permitida para tres conductores unipolares bajo tubo empotrado en obra de 50 mm² es de 116 A (Tabla 4.3), y ésta es superior a los 77 amperios que fluyen por la línea, la sección es adecuada.

Página 230

Se corrige el dato señalado.

$$\cos \varphi_T = \frac{P_T}{S_T} = \frac{55.100}{76.547} = 0,72$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L_L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma_{70^\circ\text{C}} \cdot u} = \frac{\sqrt{3} \cdot 150 \cdot 110,5 \cdot 0,72}{48 \cdot 8} = 53,8 \text{ mm}^2$$

La sección comercial que le corresponde es 70 mm².

Como la corriente permitida para tres conductores unipolares bajo tubo empotrado en obra de 70 mm² es de 148 A (Tabla 4.3), y ésta es superior a los 110,5 amperios que fluyen por la línea, damos por válido este resultado.

Página 282

Se corrige el dato señalado.

$$\Phi_u = E \cdot S$$

Página 342

Se corrigen la fórmula y la Solución de la Actividad Resuelta 20.4 donde se aplica:

$$E_f = 4,44 \cdot f \cdot K_w \cdot N \cdot \Phi_{\text{máx}}$$

$$\begin{aligned} \text{Solución: } E_f &= 4,44 \cdot f \cdot K_w \cdot N \cdot \Phi_{\text{máx}} = \\ &= 4,44 \cdot 50 \cdot 0,88 \cdot 200 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 391 \text{ V} \end{aligned}$$