

CUERPO:	PROFESORES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA - 0590
ESPECIALIDAD:	SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS Y AUTOMÁTICOS – 125
PRUEBA:	PRÁCTICA – 21 de junio de 2025
TURNO:	1 y 2

## PRUEBA PRÁCTICA

(duración máxima 4 h)

EJERCICIOS:	Puntos
EJERCICIO 1: LÍNEA DE BAJA TENSIÓN	1
EJERCICIO 2: CIRCUITO RLC	1
EJERCICIO 3: MÁQUINAS ELÉCTRICAS	1
EJERCICIO 4: ELECTRONEUMÁTICA	2
EJERCICIO 5: CONEXIONADO DE PLC	1
EJERCICIO 6: CÁLCULOS EN INSTALACIÓN FV	1
EJERCICIO 7: ESFUERZOS EN APOYO	1
EJERCICIO 8: CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES	1
EJERCICIO 9: PUERTAS LÓGICAS	1

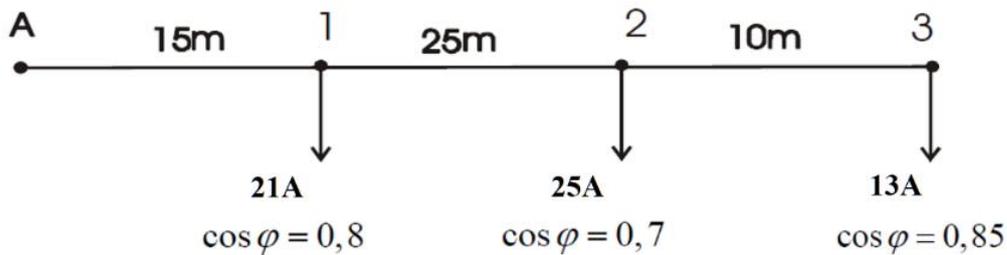
### ANEXOS:

ANEXO DE DATOS

### NOTAS

- Solo se permite el uso de bolígrafo azul, indeleble.
- Materiales que se permiten encima de la mesa son: calculadora no programable, escuadra, cartabón, regla, goma y lápiz (aunque no se corregirá nada escrito a lápiz).
- No se permite el uso de corrector de ningún tipo, ni se harán tachones, si se necesita realizar alguna rectificación se pondrán entre paréntesis y se usará una sola línea horizontal.
- Cada problema o supuesto deberá resolverse en DIN A-4 diferentes y/o documentos facilitados por el tribunal, indicando el número de pregunta o problema en la cabecera.
- Se paginarán todos los DIN A-4 del siguiente modo: n° de hoja / total de hojas (ej. 2/7), pero **NO SE PONDRÁ NOMBRE Y APELLIDOS, NI DNI, NI NINGÚN DATO ALUSIVO AL OPOSITOR**, cualquier DIN A-4 que incumpla lo anterior no se calificará.

### EJERCICIO 1: LÍNEA DE BAJA TENSIÓN



La línea trifásica de distribución en BT representada en la figura está alimentada con una tensión de línea de 400 V. Los conductores son unipolares, de aluminio, aislados con polietileno reticulado y con cubierta de policloruro de vinilo, de tensión asignada 0,6/1kV, y de una sección, normalizada y uniforme en toda su longitud, que cumple los criterios de  $I_{max}$  y de caída de tensión.

La instalación es subterránea, enterrada bajo tubo a 1m de profundidad. La temperatura del terreno es de 30 °C y su resistividad térmica es de 2 K·m/W. La caída de tensión admitida es del 1% y las cargas son inductivas.

#### SE PIDE:

Realizar los cálculos necesarios para determinar de forma justificada:

- La sección de los conductores que cumplen los dos criterios citados.
- La longitud máxima del tramo 2-3, de manera que no se supere el límite de caída de tensión sin modificar dicha sección.

*(la temperatura de servicio de los conductores será la que soporte el aislamiento)*

## EJERCICIO 2: CIRCUITO RLC

Un circuito serie RLC está conectado a una fuente de tensión alterna sinusoidal de 230 V (RMS) y 50 Hz. Los valores de los componentes son:  $R=10\Omega$ ,  $L=50\text{mH}$  y  $C=100\mu\text{F}$ .

Calcular:

- Las reactancias y la impedancia total del circuito.
- La corriente que circula por la impedancia.
- El ángulo de fase entre la tensión y la corriente.
- La frecuencia para que el circuito entre en resonancia.

## EJERCICIO 3: MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Un motor trifásico de inducción de 400 V y 10 kW de potencia nominal tiene un factor de potencia de 0.85 y una eficiencia del 92% a plena carga. Si sabemos que la resistencia de cada devanado del estator es de  $0.15\ \Omega$

**SE PIDE:**

- Las pérdidas en el cobre del estator a plena carga. Los devanados del estator de este motor se asumen conectados en estrella.
- La intensidad nominal a plena carga.
- La potencia que absorbe de la red (potencia de entrada al motor).
- La intensidad en el arranque (motor estándar) según norma.

Tabla 1, apartado 6 de la ITC-BT-47 del REBT

MOTORES DE CORRIENTE			
CONTINUA		ALTERNA	
Potencia nominal del motor.	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de plena carga.	Potencia nominal del motor.	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y de la de plena carga.
De 0,75 kW a 1,5 kW	2,5	De 0,75 kW a 1,5 kW	4,5
De 1,5 kW a 5,0 kW	2,0	De 1,5 kW a 5,0 kW	3,0
De más de 5,0 kW	1,5	De 5,0 kW a 15,0 kW	2,0
		De más de 15,0 kW	1,5

#### **EJERCICIO 4: ELECTRONEUMÁTICA**

Se pretende automatizar mediante electroneumática, los actuadores de una máquina industrial. Para ello se ha de controlar la **secuencia de funcionamiento de tres cilindros neumáticos A, B y C, controlada por un PLC**, según la secuencia de funcionamiento siguiente:

1. **Posición inicial: TODOS los cilindros (A, B y C) recogidos**, en las posiciones detectadas por los detectores de posición con referencias 1.0 (cilindro A), detector 2.0 (cilindro B), y detector 3.0 (cilindro C), respectivamente.
2. **Con la señal de MARCHA activa (SELECTOR ELÉCTRICO ON-OFF, que le dará al PLC una señal de entrada), se activará la electroválvula Y0 de corte de la presión general.**
3. **Avanza el cilindro A (movimiento A+), hasta la posición extendida detectada por el detector 1.1**, con un movimiento LENTO controlado por válvula reguladora de caudal unidireccional VR1.
4. Seguidamente, **avanza el cilindro B (movimiento B+), hasta la posición extendida detectada por el detector 2.1**, también con un movimiento LENTO controlado por la válvula reguladora de caudal VR2.
5. A continuación, el **cilindro C (movimiento C+), hasta la posición extendida detectada por el detector 3.1**, también con un movimiento LENTO controlado por válvula reguladora de caudal unidireccional VR4.
6. Después de esto, **se recoge el cilindro C (movimiento C-), hasta la posición recogida detectada por el detector 3.0, con un movimiento RÁPIDO**, controlado por la dirección de paso libre de la válvula reguladora de caudal unidireccional VR4.
7. **Después** de haber llegado el cilindro C a su posición de recogida (3.0), **EN SENDAS ETAPAS SIMULTÁNEAS los cilindros A y B ejecutarán las acciones A- y B-, y con ello volverán a sus respectivas posiciones de recogida, (detectores 1.0 y 2.0, respectivamente), de la siguiente manera:**
  - 7.1. **el cilindro A, con un movimiento RÁPIDO (controlado por la dirección de paso libre de la válvula reguladora unidireccional VR1).**
  - 7.2. **el cilindro B, con un movimiento LENTO (controlado por la válvula reguladora de caudal VR3).**
8. Y con ello, tras alcanzar los dos cilindros A y B, la posición de recogida (**detectores 1.0 y 2.0, respectivamente**), concluirá el ciclo, que **se repetirá continuamente mientras que la señal de MARCHA del selector ON/OFF esté activa.**

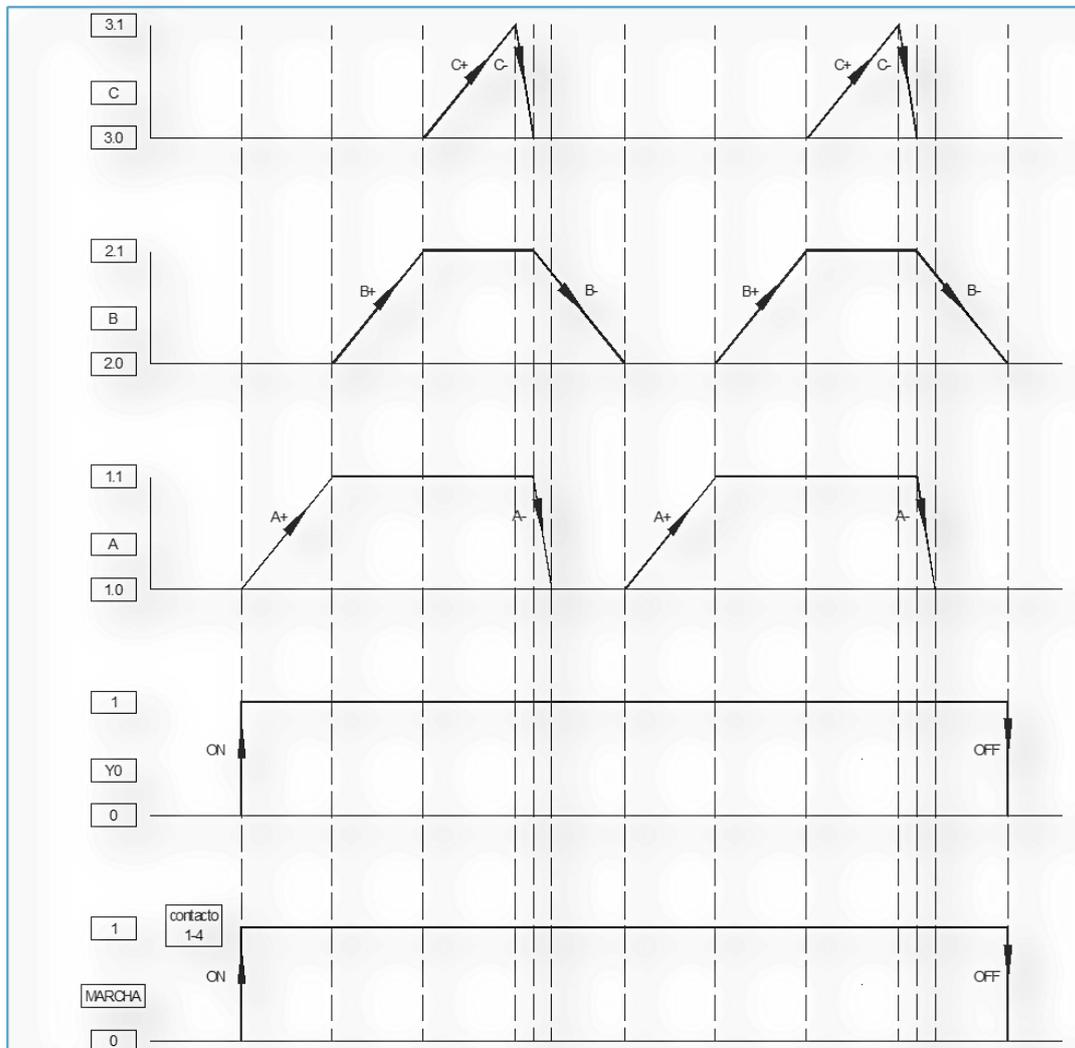
#### **CONDICIONANTES DE FUNCIONAMIENTO DEL AUTOMATISMO**

- **Sólo cuando tenemos señal de MARCHA** (SELECTOR ROTATIVO DE DOS POSICIONES ON-OFF, 1 contacto conmutado NC-NO), **se pondrá en marcha el proceso**, iniciando la secuencia descrita.
- Si no tenemos dicha señal de MARCHA, **la secuencia de actuación de los tres cilindros SE DETENDRÁ EN LA POSICIÓN EN LA QUE ESTUVIESE CADA UNO DE ELLOS** en el momento de pasar a FALSE la señal de marcha.

- Los detectores de posición de cilindro serán todos del **tipo inductivo PNP**, alimentación a 24VDC, y **detectarán las posiciones extremas del vástago de cada cilindro**
- Las vías de escape de aire de todas las electroválvulas estarán equipadas con silenciadores.

## **CRONOGRAMA DE FUNCIONAMIENTO**

NOTA: Se han representado sólo dos ciclos completos; el proceso se repetirá indefinidamente siempre que la condición MARCHA esté activa.



**SE PIDE:**

Basado en la descripción y el CRONOGRAMA adjunto, y teniendo en cuenta las variables de un PLC genérico programable acorde a IEC 6113-3, con los tipos de datos y nomenclatura normalizada de los mismos según dicha norma, se pide elaborar:

1. **GRAF CET nivel 1** del automatismo (20% de la nota)
2. **Lista de variables del PLC** a utilizar en el GRAF CET nivel 2 (10% de la nota)
  - a. Entradas digitales en formato %Im.n (m: número de byte; n: número de bit dentro del byte)
  - b. Salidas digitales en formato %Qm.n (m: número de byte; n: número de bit dentro del byte)
  - c. Marcas internas en formato %Mm.n (m: número de byte; n: número de bit dentro del byte)
3. **GRAF CET nivel 2** del automatismo (40% de la nota) en correspondencia al GRAF CET nivel 1 y utilizando la lista de variables propuesta en el anterior apartado.
4. **ESQUEMA NEUMÁTICO DEL AUTOMATISMO** (30% DE LA NOTA TOTAL)

Basado en la secuencia de funcionamiento descrita en el supuesto y en el cronograma del funcionamiento requerido, se pide elaborar:

Circuito neumático de conexionado de los tres cilindros A, B y C, empleando **EXCLUSIVAMENTE** los dispositivos neumáticos y electroneumáticos siguientes:

DESIGNACIÓN	TIPO DE COMPONENTE
A	CILINDRO NEUMÁTICO DE <b>DOBLE EFECTO</b> , VÁSTAGO SÓLO EN UN EXTREMO
B	CILINDRO NEUMÁTICO DE <b>DOBLE EFECTO</b> , VÁSTAGO SÓLO EN UN EXTREMO
C	CILINDRO NEUMÁTICO DE <b>SIMPLE EFECTO</b> , ESTADO <b>RECOGIDO EN REPOSO</b> , VÁSTAGO SÓLO EN UN EXTREMO
Y0	VÁLVULA DE SIMPLE SOLENOIDE, MONOESTABLE, 3 VÍAS 2 POSICIONES (5/2) COMANDADA POR IMPULSOS EN UNA DIRECCIÓN Y RETORNO POR MUELLE EN LA CONTRARIA
Y1/Y2	VÁLVULA DE DOBLE SOLENOIDE, BIESTABLE, 5 VÍAS 2 POSICIONES (5/2) COMANDADA POR IMPULSOS EN AMBAS DIRECCIONES. COMANDA EL CILINDRO A
Y3/Y4	VÁLVULA DE DOBLE SOLENOIDE, BIESTABLE, 5 VÍAS 2 POSICIONES (5/2) COMANDADA POR IMPULSOS EN AMBAS DIRECCIONES. COMANDA EL CILINDRO B
Y5	VÁLVULA DE SIMPLE SOLENOIDE, MONOESTABLE, 3 VÍAS 2 POSICIONES (5/2) COMANDADA POR IMPULSOS EN UNA DIRECCIÓN Y RETORNO POR MUELLE EN LA CONTRARIA. COMANDA EL CILINDRO C
VR1	VALVULA REGULADORA DE CAUDAL UNIDIRECCIONAL, PASO LIBRE EN UNA DIRECCIÓN Y REGULADO EN LA OTRA. REGULA SEPARADAMENTE VELOCIDAD DE AVANCE Y RETROCESO LIBRE DEL CILINDRO A
VR2	VALVULA REGULADORA DE CAUDAL CON ESTRANGULACIÓN VARIABLE, PASO REGULADO DE AIRE EN LAS DOS DIRECCIONES. REGULA LA VELOCIDAD DE AVANCE DE CILINDRO B
VR3	VALVULA REGULADORA DE CAUDAL CON ESTRANGULACIÓN VARIABLE, PASO REGULADO DE AIRE EN LAS DOS DIRECCIONES. REGULA LA VELOCIDAD DE RECOGIDA DE CILINDRO B

**PROCEDIMIENTOS SELECTIVOS DE INGRESO, ACCESO Y ADQUISICIÓN DE NUEVAS  
ESPECIALIDADES EN LOS CUERPOS DE PROFESORES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA,  
PROFESORES ESPECIALISTAS EN SECTORES SINGULARES DE FORMACIÓN  
PROFESIONAL Y PROFESORES DE ESCUELAS OFICIALES DE IDIOMAS**

Orden EDU/1519/2024, de 16 de diciembre (BOCyL de 20 de diciembre)

VR4	VALVULA REGULADORA DE CAUDAL UNIDIRECCIONAL, PASO LIBRE EN UNA DIRECCIÓN Y REGULADO EN LA OTRA. REGULA SEPARADAMENTE LA VELOCIDAD DE AVANCE Y DE RETROCESO LIBRE DEL CILINDRO C
UMA1	UNIDAD DE MANTENIMIENTO DE AIRE
1.0	DETECTOR INDUCTIVO 3 HILOS TIPO PNP, DETECTA POSICIÓN DE RECOGIDA DEL VÁSTAGO DEL CILINDRO A
1.1	DETECTOR INDUCTIVO 3 HILOS TIPO PNP, DETECTA POSICIÓN DE EXTENDIDO DEL VÁSTAGO DEL CILINDRO A
2.0	DETECTOR INDUCTIVO 3 HILOS TIPO PNP, DETECTA POSICIÓN DE RECOGIDA DEL VÁSTAGO DEL CILINDRO B
2.1	DETECTOR INDUCTIVO 3 HILOS TIPO PNP, DETECTA POSICIÓN DE EXTENDIDO DEL VÁSTAGO DEL CILINDRO B
3.0	DETECTOR INDUCTIVO 3 HILOS TIPO PNP, DETECTA POSICIÓN DE RECOGIDA DEL VÁSTAGO DEL CILINDRO C
3.1	DETECTOR INDUCTIVO 3 HILOS TIPO PNP, DETECTA POSICIÓN DE EXTENDIDO DEL VÁSTAGO DEL CILINDRO C
S1	SELECTOR ROTATIVO ON/OFF (2 POSICIONES) 1 CONTACTO CONMUTADO NC/NO

Se adjunta simbología neumática y electroneumática normalizada ISO 1219-1 y ISO 1219-2 a utilizar de forma OBLIGATORIA (VÉASE EL ANEXO DE DATOS)

## EJERCICIO 5: CONEXIONADO PLC

Se pretende **cablear** un sistema de control que consta de:

- **Fuente de alimentación AC/DC**, alimentada a 230Vca con 24Vcc en sus terminales de salida. Debemos alimentar la fuente y el PLC que para el sistema pueda funcionar.
- **Un PLC estándar**, que consta de su entrada de alimentación y sus borneros de entradas y salidas digitales, además de sus entradas analógicas (4-20mA) y sus salidas analógicas (0-10Vcc). Consta igualmente, de los bornes comunes para cada tipo de entrada o salida en su borna lateral izquierda.
- El sistema está programado para realizar un control de temperatura de una caldera comercial. A partir de los datos registrados de temperatura en la entrada (**trasmisor de temperatura**), el sistema actuará sobre **la bomba de enfriamiento** (monofásica, todo-nada, con activación en lógica positiva) y a su vez sobre la **válvula de regulación** (0-10Vcc) que proporcionará mayor o menor apertura al sistema de agua de refrigeración.
- El sistema implementa una seguridad mínima de exceso de temperatura por mal funcionamiento del sistema de refrigeración. Así pues, cuando el termostato se dispare a la temperatura de seguridad, la bomba parará, la válvula se cerrará y se encenderá el **piloto de alarma** del cuadro (24Vcc).

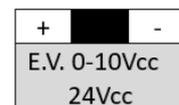
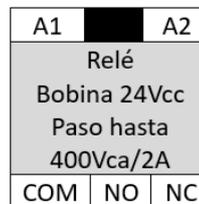
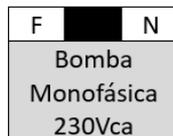
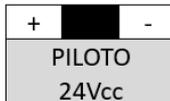
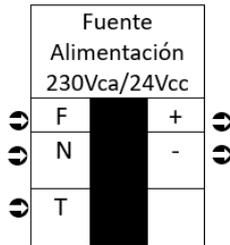
En este ejercicio se solicita **cablear de forma correcta** el sistema para que pueda funcionar la programación descrita anteriormente (**no se tiene que realizar el programa solo el cableado**)

El esquema debe estar limpio, claro e inequívoco. Cualquier ejercicio entregado donde no se vea claramente la salida, llegada y conexión exacta de los cables, así como el salto en los cruces de hilos, será evaluado como incorrecto.

**PROCEDIMIENTOS SELECTIVOS DE INGRESO, ACCESO Y ADQUISICIÓN DE NUEVAS ESPECIALIDADES EN LOS CUERPOS DE PROFESORES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA, PROFESORES ESPECIALISTAS EN SECTORES SINGULARES DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y PROFESORES DE ESCUELAS OFICIALES DE IDIOMAS**

Orden EDU/1519/2024, de 16 de diciembre (BOCyL de 20 de diciembre)

L1 \_\_\_\_\_  
L2 \_\_\_\_\_  
L3 \_\_\_\_\_  
N \_\_\_\_\_  
T -----



## **EJERCICIO 6: CÁLCULOS EN INSTALACIÓN FV**

Una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo está formada por 7 paneles en una serie (string) conectados a un inversor. Los paneles tienen las siguientes características:

- Panel solar de 420 W de potencia pico.
- Voltaje a máxima potencia ( $U_{mp}$ )= 39,5 V.
- Intensidad a máxima potencia ( $I_{mp}$ )= 10,64 A.
- Intensidad de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) = 11,26 A.

Siguiendo los **criterios de intensidad máxima y de caída de tensión**, y teniendo en cuenta el tipo de instalación, calcule la sección normalizada de los conductores:

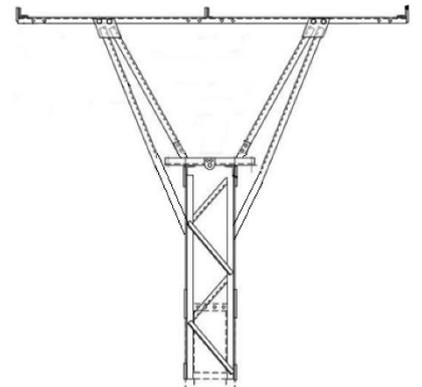
- **En el tramo paneles-inversor:**
  - Longitud del cable desde el inversor hasta el módulo más alejado de la instalación, es de 34 m.
  - La caída de tensión en este tramo es del 1%
  - Disponemos de dos tipos de instalación:
    - En el tramo exterior: cables de cobre, unipolares aislados con XLPE sobre bandeja de rejilla. Temperatura en la cubierta del cable 50°C.
    - En el tramo interior: cables de cobre, unipolares en canal protectora suspendida aislados con XLPE. Temperatura en la cubierta del cable 40° C.
- **En el tramo inversor-CGMP:**
  - Intensidad máxima del inversor: 21,6 A.
  - Tensión de la instalación: 230 V de alterna.
  - Tipo de instalación: cable multipolar en canal protectora suspendida, de cobre, aislado con XLPE.
  - Factor de potencia de la instalación: 1.
  - Distancia del inversor al CGMP= 12 m.

### EJERCICIO 7: ESFUERZOS EN APOYO

Una línea de MT con conductor **47-AL1/8-ST1A**, forma un ángulo de  $160^\circ$  en un punto en el que se utiliza un apoyo **C-2000-14**, con **cruceta horizontal** y **empotramiento de 2 m**. Los vanos contiguos el apoyo son de **120 y 100 m**, respectivamente. Calcular:

- Esfuerzo en punta en sentido transversal. Se considera la acción del viento sobre los conductores y el esfuerzo resultante de las tensiones. Coeficiente de seguridad 3. La altura de la cruceta sobre el extremo del apoyo es de 1,11m.
- Esfuerzo en punta en sentido longitudinal, con cadenas de aislamiento de amarre.

CARACTERÍSTICAS	DESIGNACIÓN			
	27-AL1/4-ST1A (LA-30)	47-AL1/8-ST1A (LA-56)	67-AL1/11-ST1A (LA-78)	94-AL1/22-ST1A (LA-110)
Sección aluminio, mm <sup>2</sup> .	26,7	46,8	67,4	94,2
Sección acero, mm <sup>2</sup> .	4,45	7,79	11,2	22,0
Sección total, mm <sup>2</sup> .	31,1	54,6	78,6	116,2
Resistencia eléctrica a 20 °C, Ω/km.	1,0736	0,6129	0,4256	0,3067
Composición alambres aluminio - acero.	6 + 1	6 + 1	6 + 1	30 + 7
Diámetro aparente del cable mm.	7,14	9,45	11,34	14
Carga mínima de rotura daN.	990	1640	2310	4310
Módulo de elasticidad daN/mm <sup>2</sup> .	7900	7900	7900	8000
Coefficiente de dilatación °C <sup>-1</sup>	19,1·10 <sup>-6</sup>	19,1·10 <sup>-6</sup>	19,1·10 <sup>-6</sup>	17,8·10 <sup>-6</sup>
Peso daN/km.	105,9	185,5	266,8	424,8



### **EJERCICIO 8: CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES**

En un CT se pretende suministrar 330 kVA y para ello se emplea un transformador trifásico Dy11 de 100 kVA, 10000/400 V y 4% de tensión de cortocircuito conectado en paralelo a otro transformador Dy11, de 250 kVA, 10000/400 V y  $u_{cc}=6\%$ .

#### **SE PIDE:**

- Realizar el cálculo razonado del reparto de corrientes en cada transformador.
- Determinar el índice de carga de cada uno de ellos
- Razonar cómo optimizar el resultado obtenido

### **EJERCICIO 9: PUERTAS LÓGICAS**

Un circuito combinacional controla el paro automático del motor de un ascensor en un edificio. El funcionamiento del motor depende de 4 variables. En primer lugar, de que la puerta del ascensor esté abierta o cerrada (A); en segundo lugar, del peso de las personas que suben en el ascensor (P) en tercer lugar, de que alguna de las personas haya pulsado alguno de los pulsadores de las distintas plantas (B); y, por último, de la temperatura del motor (T).

El motor se parará automáticamente siempre que la puerta del ascensor esté abierta, o bien se sobrepase el peso máximo, que es de 800 kg.

T → Temperatura; P → peso; A → puerta; B → pulsador de planta

#### **SE PIDE**

- Determinar la función lógica canónica de salida de paro automático del motor del ascensor, por *MAXTERMS* y por *MINTERMS*
- Simplificar ambas funciones lógicas mediante el método de Karnaugh.
- Implementar el circuito electrónico de control con puertas lógicas universales NAND.

# UNE 211435 (extracto)

Tabla A.1 – Cables de distribución tipo RV o XZI de 0,6/1 kV

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A		
	Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al		
Aluminio	Cables en triángulo en contacto		Al aire, protegido del sol
	Directamente soterrados	En tubular soterrada	
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390
<b>Cobre</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

Temperatura del terreno en °C 25  
 Temperatura del aire ambiente en °C 40  
 Resistencia térmica del terreno en K · m/W 1,5  
 Profundidad de soterramiento en m 0,7

Tabla A.2 – Cables aéreos de distribución tipo RZ de 0,6/1 kV

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A			
	Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al			
Aluminio	Cables en triángulo en contacto		Dos cables cargados	
	Tres cables cargados	Expuestos al sol	Protegidos del sol	Expuestos al sol
16	64	56	78	72
25	90	76	105	95
50	135	115	160	145
95	215	185	—	—
150	300	250	—	—
<b>Cobre</b>				
2,5	—	—	32	31
4	35	31	42	40
6	45	39	54	52
10	62	54	76	70
16	84	72	100	94

Temperatura del aire ambiente en °C 40  
 Radiación solar en kW/m<sup>2</sup> 1

Tabla A.7 – Factores de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K · m/W

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Cables instalados en tubos soterrados. Un circuito por tubo							
	Resistividad del terreno							
	0,8 K · m/W	0,9 K · m/W	1 K · m/W	1,5 K · m/W	2 K · m/W	2,5 K · m/W	3 K · m/W	3 K · m/W
25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83	0,83
35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83	0,83
50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83	0,83
70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82	0,82
95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82	0,82
120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	0,82
150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	0,82
185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	0,82
240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	0,81
300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	0,81

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Cables directamente soterrados en triángulo en contacto							
	Resistividad del terreno							
	0,8 K · m/W	0,9 K · m/W	1 K · m/W	1,5 K · m/W	2 K · m/W	2,5 K · m/W	3 K · m/W	3 K · m/W
25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75	0,75
35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75	0,75
50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74	0,74
70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74	0,74
95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74	0,74
120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74	0,74
150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74	0,74
185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74	0,74
240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73	0,73
300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73	0,73
400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73	0,73

Tabla A.6 – Factores de corrección para distintas temperaturas

Temperatura máxima del conductor, °C	Temperatura del aire ambiente en cables en galerías, °C									
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	60
90	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,77
105	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,83
Temperatura máxima del conductor, °C	Temperatura del terreno en cables soterrados, °C									
	10	15	20	25	30	35	40	45	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,78
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83	0,83

# ANEXO DE DATOS

Tabla A.8 – Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento

Profundidad m	Cables de 3,6/6 kV a 18/30 kV, Profundidad tipo 1 m	
	Soterrados	En tubular
0,50	1,06	1,06
0,60	1,04	1,04
0,80	1,02	1,02
1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98
1,50	0,97	0,97
1,75	0,96	0,96
2,00	0,95	0,95
2,50	0,93	0,93
3,00	0,92	0,92

Profundidad, m	Cables de 0,6/1 kV, Profundidad tipo 0,7 m	
	Soterrados	En tubular
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90

## Conductividad

	TEMPERATURA DEL CONDUCTOR	
	TERMOPLÁSTICOS 70 °C	TERMOESTABLES 90 °C
Cu	58,00	45,49
Al	35,71	27,8

Tabla A.9.2 – Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0,6/1 kV soterrados

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto (los circuitos están separados entre sí)	Grupos dispuestos en un plano horizontal				
	Cables directamente soterrados				
Circuitos agrupados	Contacto	Distancias entre grupos en mm			
		200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	–
9	0,49	0,62	0,72	0,79	–
10	0,48	0,61	0,71	–	–

Tabla A.9.1 – Factores de corrección para agrupamiento de cables desde 3,6/6 kV hasta 18/30 kV soterrados

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto (los circuitos están separados entre sí)	Grupos dispuestos en un plano horizontal				
	Cables directamente soterrados				
Circuitos agrupados	Contacto	Distancias entre grupos en mm			
		200	400	600	800
2	0,76	0,82	0,86	0,88	0,90
3	0,65	0,73	0,78	0,82	0,85
4	0,58	0,68	0,75	0,79	0,83
5	0,53	0,64	0,72	0,77	0,81
6	0,50	0,61	0,70	0,76	0,80
7	0,47	0,59	0,68	0,74	0,79
8	0,45	0,57	0,67	0,74	–
9	0,43	0,56	0,66	0,73	–
10	0,42	0,55	0,65	–	–

Circuitos en tubulares soterrados (un circuito trifásico, con neutro, por tubo)	Tubos dispuestos en un plano horizontal				
	Distancias entre tubos en mm				
Circuitos agrupados	Contacto	200	400	600	800
		2	0,80	0,83	0,87
3	0,70	0,75	0,80	0,83	0,86
4	0,64	0,70	0,77	0,81	0,84
5	0,60	0,67	0,74	0,79	0,82
6	0,57	0,64	0,72	0,78	0,81
7	0,54	0,62	0,71	0,77	–
8	0,52	0,60	0,70	0,76	–
9	0,50	0,59	0,69	0,75	–
10	0,49	0,58	0,68	–	–

Circuitos en tubulares soterrados (un circuito trifásico, con neutro, por tubo)	Tubos dispuestos en un plano horizontal				
	Distancias entre tubos en mm				
Circuitos agrupados	Contacto	200	400	600	800
		2	0,87	0,90	0,94
3	0,77	0,82	0,87	0,90	0,93
4	0,71	0,77	0,84	0,88	0,91
5	0,67	0,74	0,81	0,86	0,89
6	0,64	0,71	0,79	0,85	0,88
7	0,61	0,69	0,78	0,84	–
8	0,59	0,67	0,77	0,83	–
9	0,57	0,66	0,76	0,82	–
10	0,56	0,65	0,75	–	–

# ANEXO DE DATOS

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSION	ITC-BT-40
		Página 1 de 9

0. INDICE	1
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACION	2
2. CLASIFICACION	2
3. CONDICIONES GENERALES	2
4. CONDICIONES PARA LA CONEXION	3
4.1 Instalaciones generadoras aisladas	3
4.2 Instalaciones generadoras asistidas	3
4.3 Instalaciones generadoras interconectadas	4
4.3.1 Potencias máximas de las centrales interconectadas en baja tensión	4
4.3.2 Condiciones específicas para el arranque y acoplamiento de la instalación generadora a la Red de Distribución Pública	4
4.3.3 Equipos de maniobra y medida a disponer en el punto de interconexión	5
4.3.4 Control de la energía reactiva	6
5. CABLES DE CONEXION	6
6. FORMA DE LA ONDA	6
7. PROTECCIONES	7
8. INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA	7
8.1 Generalidades	7
8.2 Características de la puesta a tierra según el funcionamiento de la instalación generadora respecto a la Red de Distribución Pública	8
8.2.1 Instalaciones generadoras aisladas conectadas a instalaciones receptoras que son alimentadas de forma exclusiva por dichos grupos	8
8.2.2 Instalaciones generadoras asistidas, conectadas a instalaciones receptoras que pueden ser alimentadas, de forma independiente, por dichos grupos o por la red de distribución pública	8
8.2.3 Instalaciones generadoras interconectadas, conectadas a instalaciones receptoras que pueden ser alimentadas, de forma simultánea o independiente, por dichos grupos o por la Red de Distribución Pública	8
8.3 Generadores edificados	9
9. PUESTA EN MARCHA	9
10. OTRAS DISPOSICIONES	9

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSION	ITC-BT-40
		Página 2 de 9

## 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente instrucción se aplica a las instalaciones generadoras, entendiendo como tales, las destinadas a transformar cualquier tipo de energía no eléctrica en energía eléctrica.

A los efectos de esta Instrucción se entiende por "Redes de Distribución Pública" a las redes eléctricas que pertenecen o son explotadas por empresas cuyo fin principal es la distribución de energía eléctrica para su venta a terceros. Asimismo, se entiende por "Autogenerador" a la empresa que, subsidiariamente a sus actividades principales, produce, individualmente o en común, la energía eléctrica destinada en su totalidad o en parte, a sus necesidades propias.

## 2. CLASIFICACION

Las instalaciones Generadoras se clasifican, atendiendo a su funcionamiento respecto a la Red de Distribución Pública, en:

- a) Instalaciones generadoras aisladas: aquellas en las que no puede existir conexión eléctrica alguna con la Red de Distribución Pública.
- b) Instalaciones generadoras asistidas: Aquellas en las que existe una conexión con la Red de Distribución Pública, pero sin que los generadores puedan estar trabajando en paralelo con ella. La fuente preferente de suministro podrá ser tanto los grupos generadores como la Red de Distribución Pública, quedando la otra fuente como socorro o apoyo. Para impedir la conexión simultánea de ambas, se deben instalar los correspondientes sistemas de conmutación. Será posible no obstante, la realización de maniobras de transferencia de carga sin corte, siempre que se cumplan los requisitos técnicos descritos en el apartado 4.2.
- c) Instalaciones generadoras interconectadas: Aquellas que están, normalmente, trabajando en paralelo con la Red de Distribución Pública.

## 3. CONDICIONES GENERALES

Los generadores y las instalaciones complementarias de las instalaciones generadoras, como los depósitos de combustibles, canalizaciones de líquidos o gases, etc., deberán cumplir, además, las disposiciones que establecen los Reglamentos y Directivas específicos que les sean aplicables.

Cuando las instalaciones generadoras estén alojadas en edificios o establecimientos industriales, sus locales, que serán de usos exclusivos, cumplirán con las disposiciones reguladoras de protección contra incendios correspondientes.

Los locales donde estén instalados los motores térmicos, cualquiera que sea su potencia, deberán estar suficientemente ventilados.

# ANEXO DE DATOS

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	<b>INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSION</b>	ITC-BT-40
		Página 3 de 9

Los conductores de salida de los gases de combustión serán de material incombustible y evacuarán directamente al exterior o a través de un sistema de aprovechamiento energético.

## 4. CONDICIONES PARA LA CONEXION

### 4.1 Instalaciones generadoras aisladas

La conexión a los receptores, en las instalaciones donde no pueda darse la posibilidad del acoplamiento con la Red de Distribución Pública o con otro generador, precisará la instalación de un dispositivo que permita conectar y desconectar la carga en los circuitos de salida del generador.

Cuando existan más de un generador y su conexión exija la sincronización, se deberá disponer de un equipo manual o automático para realizar dicha operación.

Los generadores portátiles deberán incorporar las protecciones generales contra sobretensiones y contactos directos e indirectos necesarios para la instalación que alimenten.

### 4.2 Instalaciones generadoras asistidas

En la instalación interior la alimentación alternativa (red o generador) podrá hacerse en varios puntos que irán provistos de un sistema de conmutación para todos los conductores activos y el neutro, que impida el acoplamiento simultáneo a ambas fuentes de alimentación.

En el caso en el que esté previsto realizar maniobras de transferencia de carga sin corte, la conexión de la instalación generadora asistida con la Red de Distribución Pública se hará en un punto único y deberán cumplirse los siguientes requisitos:

- Sólo podrán realizar maniobras de transferencia de carga sin corte los generadores de potencia superior a 100 kVA
- En el momento de interconexión entre el generador y la red de distribución pública, se desconectará el neutro del generador de tierra.
- El sistema de conmutación deberá instalarse junto a los aparatos de medida de la Red de Distribución pública, con accesibilidad para la empresa distribuidora.
- Deberá incluirse un sistema de protección que impida el envío de potencia del generador a la red.
- Deberán incluirse sistemas de protección por tensión del generador fuera de límites, frecuencia fuera de límites, sobrecarga y cortocircuito, enclavamiento para no poder energizar la línea sin tensión y protección por fuera de sincronismo.
- Dispondrá de un equipo de sincronización y no se podrá mantener la interconexión más de 5 segundos.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	<b>INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSION</b>	ITC-BT-40
		Página 4 de 9

El conmutador llevará un contacto auxiliar que permita conectar a una tierra propia el neutro de la generación, en los casos que se prevea la transferencia de carga sin corte.

Los elementos de protección y sus conexiones al conmutador serán precintables o se garantizará mediante método alternativo que no se pueden modificar los parámetros de conmutación iniciales y la empresa distribuidora de energía eléctrica, deberá poder acceder de forma permanente a dicho elemento, en los casos en que se prevea la transferencia de carga sin corte. El dispositivo de maniobra del conmutador será accesible al Autogenerador.

### 4.3 Instalaciones generadoras interconectadas

La potencia máxima de las centrales interconectadas a una Red de Distribución Pública, estará condicionada por las características de esta: tensión de servicio, potencia de cortocircuito, capacidad de transporte de línea, potencia consumida en la red de baja tensión, etc.

#### 4.3.1 Potencias máximas de las centrales interconectadas en baja tensión.

Con carácter general la interconexión de centrales generadoras a las redes de baja tensión de 3x400/230 V será admisible cuando la suma de las potencias nominales de los generadores no exceda de 100 kVA, ni de la mitad de la capacidad de la salida del centro de transformación correspondiente a la línea de la Red de Distribución Pública a la que se conecte la central. En estos casos toda la instalación deberá estar preparada para un funcionamiento futuro a 3x400/230 V.

En los generadores edículos, para evitar fluctuaciones en la red, la potencia de los generadores no será superior al 5% de la potencia de cortocircuito en el punto de conexión a la Red de Distribución Pública.

#### 4.3.2 Condiciones específicas para el arranque y acoplamiento de la instalación generadora a la Red de Distribución Pública.

##### 4.3.2.1 Generadores asincrónicos.

La caída de tensión que puede producirse en la conexión de los generadores no será superior al 3 % de la tensión asignada de la red.

En el caso de generadores edículos la frecuencia de las conexiones será como máximo de 3 por minuto, siendo el límite de la caída de tensión del 2 % de la tensión asignada durante 1 segundo.

Para limitar la intensidad en el momento de la conexión y las caídas de tensión, a los valores anteriormente indicados, se emplearán dispositivos adecuados.

# ANEXO DE DATOS

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	<b>INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSION</b>	ITC-BT-40
		Página 5 de 9

La conexión de un generador asíncrono a la red no se realizará hasta que, accionados por la turbina o el motor, éste haya adquirido una velocidad entre el 90 y el 100% de la velocidad de sincronismo.

#### 4.3.2.2 Generadores síncronos.

La utilización de generadores síncronos en instalaciones que deben interconectarse a Redes de Distribución Pública, deberá ser acordada con la empresa distribuidora de energía eléctrica, atendiendo a la necesidad de funcionamiento independiente de la red y a las condiciones de explotación de ésta.

La central deberá poseer un equipo de sincronización, automático o manual.

Podrá prescindirse de este equipo si la conexión pudiera efectuarse como generador asíncrono. En este caso las características del arranque deberán cumplir lo indicado para este tipo de generadores.

La conexión de la central a la red de distribución pública deberá efectuarse cuando en la operación de sincronización las diferencias entre las magnitudes eléctricas del generador y la red no sean superiores a las siguientes:

- Diferencia de tensiones  $\pm 8\%$
- Diferencia de frecuencia  $\pm 0,1\text{Hz}$
- Diferencia de fase  $\pm 10^\circ$

Los puntos donde no exista equipo de sincronismo y sea posible la puesta en paralelo, entre la generación y la Red de Distribución Pública, dispondrán de un enclavamiento que impida la puesta en paralelo.

#### 4.3.3 Equipos de maniobra y medida a disponer en el punto de interconexión.

En el origen de la instalación interior y en un punto único y accesible de forma permanente a la empresa distribuidora de energía eléctrica, se instalará un interruptor automático sobre el que actuarán un conjunto de protecciones. Estas deben garantizar que las fallas internas de la instalación no perturben el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas y en caso de defecto de éstas, debe desconectar el interruptor de la interconexión que no podrá reponerse hasta que exista tensión estable en la Red de Distribución Pública.

Las protecciones y el conexionado del interruptor serán precintables y el dispositivo de maniobra será accesible al Autogenerador.

El interruptor de acoplamiento llevará un contacto auxiliar que permita desconectar el neutro de la red de distribución pública y conectar a tierra el neutro de la generación cuando ésta deba trabajar independiente de aquella.

Cuando se prevea la entrega de energía de la instalación generadora a la Red de Distribución Pública, se dispondrá, al final de la instalación de enlace, un equipo de medida que registre la energía suministrada por el Autogenerador. Este equipo de

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	<b>INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSION</b>	ITC-BT-40
		Página 6 de 9

medida podrá tener elementos comunes con el equipo que registre la energía aportada por la Red de Distribución Pública, siempre que los registros de la energía en ambos sentidos se contabilicen de forma independiente.

Los elementos a disponer en el equipo de medida serán los que correspondan al tipo de discriminación horaria que se establezca.

En las instalaciones generadoras con generadores asíncronos se dispondrá siempre un contador que registre la energía reactiva absorbida por éste.

Cuando deba verificarse el cumplimiento de programas de entrega de energía tendrán que disponerse los elementos de medida o registro necesarios.

#### 4.3.4 Control de la energía reactiva.

En las instalaciones con generadores asíncronos, el factor de potencia de la instalación no será inferior a 0,86 a la potencia nominal y para ello, cuando sea necesario, se instalarán las baterías de condensadores precisas.

Las instalaciones anteriores dispondrán de dispositivos de protección adecuados que aseguren la desconexión en un tiempo inferior a 1 segundo cuando se produzca una interrupción en la Red de Distribución Pública.

La empresa distribuidora de energía eléctrica podrá eximir de la compensación del factor de potencia en el caso de que pueda suministrar la energía reactiva.

Los generadores síncronos deberán tener una capacidad de generación de energía reactiva suficiente para mantener el factor de potencia entre 0,8 y 1 en adelanto o retraso. Con objeto de mantener estable la energía reactiva suministrada se instalará un control de la excitación que permita regular la misma.

### 5. CABLES DE CONEXION

Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal.

### 6. FORMA DE LA ONDA

La tensión generada será prácticamente senoidal, con una tasa máxima de armónicos, en cualquier condición de funcionamiento de:

Armónicos de orden par:	4/n
Armónicos de orden 3:	5
Armónicos de orden impar ( $\geq 5$ )	25/n

# ANEXO DE DATOS

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	<b>INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSION</b>	ITC-BT-40
		Página 7 de 9

La tasa de armónicos es la relación, en %, entre el valor eficaz del armónico de orden n y el valor eficaz del fundamental.

## 7. PROTECCIONES

La máquina motriz y los generadores dispondrán de las protecciones específicas que el fabricante aconseje para reducir los daños como consecuencia de defectos internos o externos a ellos.

Los circuitos de salida de los generadores se dotarán de las protecciones establecidas en las correspondientes ITC que les sean aplicables.

En las instalaciones de generación que puedan estar interconectadas con la Red de Distribución Pública, se dispondrá un conjunto de protecciones que actúen sobre el interruptor de interconexión, situadas en el origen de la instalación interior. Estas corresponderán a un modelo homologado y deberán estar debidamente verificadas y precintadas por un Laboratorio reconocido.

Las protecciones mínimas a disponer serán las siguientes:

- De sobretensión: mediante relés directos magnetotérmicos o solución equivalente.
- De mínima tensión instantáneos, conectados entre las tres fases y neutro y que actuarán, en un tiempo inferior a 0,5 segundos, a partir de que la tensión llegue al 85% de su valor asignado.
- De sobretensión, conectado entre una fase y neutro, y cuya actuación debe producirse en un tiempo inferior a 0,5 segundos, a partir de que la tensión llegue al 110% de su valor asignado.
- De máxima y mínima frecuencia, conectado entre fases, y cuya actuación debe producirse cuando la frecuencia sea inferior a 49 Hz o superior a 51 Hz durante más de 5 períodos.

## 8. INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

### 8.1 Generalidades

Las centrales de instalaciones generadoras deberán estar provistas de sistemas de puesta a tierra que, en todo momento, aseguren que las tensiones que se puedan presentar en las masas metálicas de la instalación no superen los valores establecidos en la ME-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

Los sistemas de puesta a tierra de las centrales de instalaciones generadoras deberán tener las condiciones técnicas adecuadas para que no se produzcan transferencias de defectos a la Red de Distribución Pública ni a las instalaciones privadas, cualquiera que sea su funcionamiento respecto a ésta: aisladas, asistidas o interconectadas.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	<b>INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSION</b>	ITC-BT-40
		Página 8 de 9

### 8.2 Características de la puesta a tierra según el funcionamiento de la instalación generadora respecto a la Red de Distribución Pública.

8.2.1 Instalaciones generadoras aisladas conectadas a instalaciones receptoras que son alimentadas de forma exclusiva por dichos grupos.

La red de tierras de la instalación conectada a la generación será independiente de cualquier otra red de tierras. Se considerará que las redes de tierra son independientes cuando el paso de la corriente máxima de defecto por una de ellas, no provoca en la otra diferencias de tensión, respecto a la tierra de referencia, superiores a 50 V.

En las instalaciones de este tipo se realizará la puesta a tierra del neutro del generador y de las masas de la instalación conforme a uno de los sistemas recogidos en la ITC-BT 08. Cuando el generador no tenga el neutro accesible, se podrá poner a tierra el sistema mediante un transformador trifásico en estrella, utilizable para otras funciones auxiliares.

En el caso de que trabajen varios generadores en paralelo, se deberá conectar a tierra, en un solo punto, la unión de los neutros de los generadores.

8.2.2 Instalaciones generadoras asistidas, conectadas a instalaciones receptoras que pueden ser alimentadas, de forma independiente, por dichos grupos o por la red de distribución pública.

Cuando la Red de Distribución Pública tenga el neutro puesto a tierra, el esquema de puesta a tierra será el TT y se conectarán las masas de la instalación y receptores a una tierra independiente de la del neutro de la Red de Distribución Pública.

En caso de imposibilidad técnica de realizar un tierra independiente para el neutro del generador, y previa autorización específica del Organismo Competente de la Comunidad Autónoma, se podrá utilizar la misma tierra para el neutro y las masas.

Para alimentar la instalación desde la generación propia en los casos en que se prevea transferencia de carga sin corte, se dispondrá, en el conmutador de interconexión, un polo auxiliar que cuando pase a alimentar la instalación desde la generación propia conecte a tierra el neutro de la generación.

8.2.3 Instalaciones generadoras interconectadas, conectadas a instalaciones receptoras que pueden ser alimentadas, de forma simultánea o independiente, por dichos grupos o por la Red de Distribución Pública.

Cuando la instalación receptora esté acoplada a una Red de Distribución Pública que tenga el neutro puesto a tierra, el esquema de puesta a tierra será el TT y se conectarán las masas de la instalación y receptores a una tierra independiente de la del neutro de la Red de Distribución Pública.

# ANEXO DE DATOS

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	<b>INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSION</b>	ITC-BT-40
		Página 9 de 9

Cuando la instalación receptora no esté acoplada a la Red de Distribución Pública y se alimente de forma exclusiva desde la instalación generadora, existirá en el interruptor automático de interconexión, un polo auxiliar que desconectará el neutro de la Red de Distribución Pública y conectará a tierra el neutro de la generación.

Para la protección de las instalaciones generadoras se establecerá un dispositivo de detección de la corriente que circula por la conexión de los neutros de los generadores al neutro de la Red de Distribución Pública, que desconectará la instalación si se sobrepasa el 50% de la intensidad nominal.

### **8.3 Generadores edílicos**

La puesta a tierra de protección de la torre y del equipo en ella montado contra descargas atmosféricas será independiente del resto de las tierras de la instalación.

### **9. PUESTA EN MARCHA.**

Para la puesta en marcha de las instalaciones generadoras asistidas o interconectadas, además de los trámites y gestiones que corresponda realizar, de acuerdo con la legislación vigente ante los Organismos Competentes se deberá presentar el oportuno proyecto a la empresa distribuidora de energía eléctrica de aquellas partes que afecten a las condiciones de acoplamiento y seguridad del suministro eléctrico. Esta podrá verificar, antes de realizar la puesta en servicio, que las instalaciones de interconexión y demás elementos que afecten a la regularidad del suministro están realizadas de acuerdo con los reglamentos en vigor. En caso de desacuerdo se comunicará a los órganos competentes de la Administración, para su resolución.

Este trámite ante la empresa distribuidora de energía eléctrica, no será preciso en las instalaciones generadoras aisladas.

### **10. OTRAS DISPOSICIONES**

Todas las actuaciones relacionadas con la fijación del punto de conexión, el proyecto, la puesta en marcha y explotación de las instalaciones generadoras seguirán los criterios que establece la legislación en vigor.

La empresa distribuidora de energía eléctrica podrá, cuando detecte riesgo inmediato para las personas, animales y bienes, desconectar las instalaciones generadoras interconectadas, comunicándolo posteriormente, al Órgano competente de la Administración.

# ANEXO DE DATOS

16498

Miércoles 19 marzo 2008

BOE núm. 68

Las cimentaciones o partes enterradas de los apoyos y tirantes deberán ser proyectadas y construidas para resistir las acciones y combinaciones de las mismas señaladas en el apartado 3.6.

### 3. CÁLCULOS MECÁNICOS

La filosofía de diseño que refleja este apartado para las líneas de alta tensión en general, está basada en el método empírico indicado en las normas UNE-EN 50341-1 y UNE-EN 50423-1. De acuerdo con ello, se utilizarán para las aplicaciones de las posibles solicitudes de cargas, fórmulas empíricas avaladas por la práctica que responderán a la duración, fiabilidad y garantía establecida en esta instrucción, equiparables con lo recomendado en la norma aludida.

En este reglamento se parte de unos valores mínimos generalizados para el cálculo de las sollicitaciones sobre los apoyos y los componentes de la línea. Se exponen fórmulas empíricas en función de variables y posibilidades de aplicación de distintas hipótesis, que puedan contemplar la diferencia geográfica de las distintas áreas en que puede dividirse el Estado, en cuanto a concepción orográfica y climatológica se refiere. De esta forma, se establece una metodología de cálculo basada en la experiencia que las empresas distribuidoras y de transporte tienen en el diseño de líneas eléctricas aéreas.

Debido a la inexistencia, en general, de datos oficiales estadísticos, la metodología de cálculo que se describe en esta ITC supone una solución alternativa al procedimiento estadístico establecido por las normas UNE-EN 50341-1 y UNE-EN 50423-1.

#### 3.1 Cargas y sobrecargas a considerar

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea, cualquiera que sea la naturaleza de éstos, se efectuará bajo la acción de las cargas y sobrecargas que a continuación se indican, combinadas en la forma y en las condiciones que se fijan en los apartados siguientes.

En el caso de que puedan prevverse acciones de todo tipo más desfavorables que las que a continuación se prescriben, deberá el proyectista adoptar de modo justificativo valores distintos a los establecidos.

##### 3.1.1 Cargas permanentes

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos: conductores, aisladores, herrajes, cables de tierra —si los hubiere—, apoyos y cimentaciones.

##### 3.1.2 Fuerzas del viento sobre los componentes de las líneas aéreas

Se considerará un viento mínimo de referencia de 120 km/h (33,3 m/s) de velocidad, excepto en las líneas de categoría especial, donde se considerará un viento mínimo de 140 km/h (38,89 m/s) de velocidad. Se supondrá el viento horizontal, actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

La acción del viento, en función de su velocidad  $V_w$ , en km/h, da lugar a las fuerzas que a continuación se indican sobre los distintos elementos de la línea.

##### 3.1.2.1 Fuerzas del viento sobre los conductores

La presión del viento en los conductores causa fuerzas transversales a la dirección de la línea, al igual que aumentan las tensiones sobre los conductores.

Considerando los vanos adyacentes, la fuerza del viento sobre un apoyo de alineación será, para cada conductor del haz:

$$F_v = q \times d \times \frac{a_1 + a_2}{2} \quad \text{daN,}$$

siendo:

- d      diámetro del conductor, en metros.
- $a_1, a_2$       longitudes de los vanos adyacentes, en metros. La semisuma de  $a_1$  y  $a_2$  es el vano de viento o eolovano,  $a_v$ .
- q      presión del viento

$$= 60 \times \left( \frac{V_w}{120} \right)^2 \quad \text{daN/m}^2 \text{ para conductores de } d \leq 16 \text{ mm}$$

$$= 50 \times \left( \frac{V_w}{120} \right)^2 \quad \text{daN/m}^2 \text{ para conductores de } d > 16 \text{ mm}$$

En el caso de sobrecargas combinadas de hielo y de viento, se deberá considerar el diámetro incluido el espesor del manguito de hielo, para lo cual se aconseja considerar un peso volumétrico específico del hielo de valor 750 daN/m<sup>3</sup>. La fuerza total del viento sobre los conductores en haz estará definida como la suma de las fuerzas sobre cada uno de los conductores, sin tener en cuenta posibles efectos de pantalla entre conductores, ni aun en el caso de haces de conductores de fase.

En las fuerzas del viento sobre apoyos en ángulo, ha de tenerse en cuenta la influencia del cambio en la dirección de la línea, así como las longitudes de los vanos adyacentes.

BOE núm. 68

Miércoles 19 marzo 2008

16499

3.1.2.2 Fuerzas del viento sobre las cadenas de aisladores  
La fuerza del viento sobre cada cadena de aisladores será:

$$F_v = q \times A_i \quad \text{daN,}$$

siendo:

$A_i$       área de la cadena de aisladores proyectada horizontalmente en un plano vertical paralelo al eje de la cadena de aisladores, m<sup>2</sup>.

q      presión del viento =  $70 \times \left( \frac{V_w}{120} \right)^2$  daN/m<sup>2</sup>

3.1.2.3 Fuerza del viento sobre los apoyos de celosía  
La fuerza del viento sobre los apoyos de celosía será:

$$F_v = q \times A_p \quad \text{daN,}$$

siendo:

$A_p$       área del apoyo expuesta al viento proyectada en el plano normal a la dirección del viento, en m<sup>2</sup>.

q      presión del viento =  $170 \times \left( \frac{V_w}{120} \right)^2$  daN/m<sup>2</sup>

3.1.2.4 Fuerzas del viento sobre las superficies planas  
Las fuerzas del viento sobre las superficies planas será:

$$F_v = q \times A_f \quad \text{daN,}$$

siendo:

$A_f$       área proyectada en el plano normal a la dirección del viento, en m<sup>2</sup>.

q      presión del viento =  $100 \times \left( \frac{V_w}{120} \right)^2$  daN/m<sup>2</sup>

3.1.2.5 Fuerzas del viento sobre las superficies cilíndricas  
La fuerza del viento sobre las superficies cilíndricas será:

$$F_v = q \times A_{cv} \quad \text{daN,}$$

siendo:

$A_{cv}$       área proyectada en el plano normal a la dirección del viento, en m<sup>2</sup>.

q      presión del viento =  $70 \times \left( \frac{V_w}{120} \right)^2$  daN/m<sup>2</sup>

3.1.3 Sobrecargas motivadas por el hielo

A estos efectos, el país se clasifica en tres zonas:

- Zona A: La situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar.
- Zona B: La situada a una altitud entre 500 y 1.000 metros sobre el nivel del mar.
- Zona C: La situada a una altitud superior a 1.000 sobre el nivel del mar.

Las sobrecargas serán las siguientes:

- Zona A: No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.
- Zona B: Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor:  $0,18 \times \sqrt{d}$  daN por metro lineal, siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros.
- Zona C: Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor:  $0,36 \times \sqrt{d}$  daN por metro lineal, siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros. Para altitudes superiores a 1500 metros, el proyectista deberá establecer las sobrecargas de hielo mediante estudios pertinentes, no pudiéndose considerar sobrecarga de hielo interior a la indicada anteriormente.

Los valores de las sobrecargas a considerar para cada zona podrán ser aumentados, si las especificaciones particulares de las empresas distribuidoras o de transporte responsables del servicio así lo estableciesen.

### 3.1.4 Desequilibrio de tracciones

#### 3.1.4.1 Desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión

Para líneas de tensión nominal superior a 66 kV se considerará, por este concepto, un esfuerzo longitudinal equivalente al 15% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra. Este esfuerzo se aplicará en el punto de fijación de los conductores y cables de tierra en el apoyo. Se deberá tener en cuenta, por consiguiente, la torsión a que estos esfuerzos pudieran dar lugar. En los apoyos de ángulo con cadena de aislamiento de suspensión se valorará el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia.

Para líneas de tensión nominal igual o inferior a 66 kV se considerará, por este concepto, un esfuerzo longitudinal equivalente al 8% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra. Este esfuerzo se podrá considerar distribuido en el eje del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra. En los apoyos de ángulo con cadena de aislamiento de suspensión se valorará el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia.

#### 3.1.4.2 Desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de amarre

Para líneas de tensión nominal superior a 66 kV se considerará, por este concepto, un esfuerzo equivalente al 25% de las tracciones unilaterales de los conductores y cables de tierra. Este esfuerzo se aplicará en el punto de fijación de los conductores y cables de tierra en el apoyo. Se deberá tener en cuenta, por consiguiente, la torsión a que estos esfuerzos pudieran dar lugar. En los apoyos de ángulo con cadena de aislamiento de amarre se valorará el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia.

Para líneas de tensión nominal igual o inferior a 66 kV se considerará, por este concepto, un esfuerzo equivalente al 15% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra. Este esfuerzo se podrá considerar distribuido en el eje del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra. En los apoyos de ángulo con cadena de aislamiento de amarre se valorará el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia.

#### 3.1.4.3 Desequilibrio en apoyos de andaje

Se considerará por este concepto un esfuerzo equivalente al 50% de las tracciones unilaterales de los conductores y cables de tierra.

Para líneas de tensión nominal superior a 66 kV este esfuerzo se aplicará en el punto de fijación de los conductores y cables de tierra en el apoyo. Se deberá tener en cuenta, por consiguiente, la torsión a que estos esfuerzos pudieran dar lugar. En los apoyos de andaje con ángulo se valorará el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia.

Para líneas de tensión nominal igual o inferior a 66 kV este esfuerzo se podrá considerar aplicado en el eje del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra. En los apoyos de andaje con ángulo se valorará el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia.

#### 3.1.4.4 Desequilibrio en apoyos de fin de línea

Se considerará por el mismo concepto un esfuerzo igual al 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra, considerándose aplicado cada esfuerzo en el punto de fijación del correspondiente conductor o cable de tierra al apoyo. Se deberá tener en cuenta, por consiguiente, la torsión a que estos esfuerzos pudieran dar lugar.

#### 3.1.4.5 Desequilibrios muy pronunciados en apoyos

En los apoyos de cualquier tipo que tengan un fuerte desequilibrio de los vanos contiguos, deberá analizarse el desequilibrio de tensiones de los conductores en las condiciones más desfavorables de los mismos. Si el resultado de este análisis fuera más desfavorable que los valores fijados anteriormente, se aplicarán los valores resultantes de dichos análisis.

#### 3.1.4.6 Desequilibrio en apoyos especiales

En el caso de apoyos especiales, el proyectista deberá valorar el desequilibrio más desfavorable que puedan ejercer los conductores y cables de tierra sobre el apoyo, teniendo en cuenta la función que tenga cada uno de los circuitos instalados en él.

El esfuerzo se aplicará en el punto de fijación de los conductores y cables de tierra en el apoyo. Se deberá tener en cuenta, por consiguiente, la torsión a que estos esfuerzos puedan dar lugar.

#### 3.1.5 Esfuerzos longitudinales por rotura de conductores

Se considerará la rotura de los conductores (uno o varios) de una sola fase o cable de tierra por apoyo, independientemente del número de circuitos o cables de tierra instalados en él. Este esfuerzo se considerará aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable para cualquier elemento del apoyo, teniendo en cuenta la torsión producida en el caso de que aquel esfuerzo sea excéntrico.

#### 3.1.5.1 Rotura de conductores en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión

Se considerará el esfuerzo unilateral, correspondiente a la rotura de un solo conductor, o cable de tierra.

En los apoyos de ángulo con cadena de aislamiento de suspensión se valorará, además del esfuerzo de torsión que se produce según lo indicado, el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia en su punto de aplicación.

Previas las justificaciones pertinentes, podrá tenerse en cuenta la reducción de este esfuerzo, mediante dispositivos especiales adaptados para este fin, así como la que pueda originar la desviación de la cadena de aisladores de suspensión.

Teniendo en cuenta este último concepto, el valor mínimo admisible del esfuerzo de rotura que deberá considerarse será: el 50% de la tensión del cable roto en las líneas con uno o dos conductores por fase, y el 75% de la tensión del cable roto en las líneas con tres conductores por fase, no pudiéndose considerar reducción alguna por desviación de la cadena en las líneas con cuatro o más conductores por fase.

**Tabla 2. Esfuerzo de rotura aplicable (% de la tensión del cable roto)**

Número de conductores por fase	%
1	50
2	50
3	75
≥4	100

#### 3.1.5.2 Rotura de conductores en apoyos de alineación y ángulo con cadenas de amarre

Se considerará el esfuerzo correspondiente a la rotura de un solo conductor por fase o cable de tierra, sin reducción alguna de su tensión.

En los apoyos de ángulo con cadenas de amarre se valorará, además del esfuerzo de torsión que se produce según lo indicado, el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia en su punto de aplicación.

#### 3.1.5.3 Rotura de conductores en apoyos de andaje

Se considerará el esfuerzo correspondiente a la rotura de un cable de tierra o de un conductor en las líneas con un solo conductor por fase, sin reducción alguna de su tensión y, en las líneas con conductores en haces múltiples se considerará la rotura de un cable de tierra o la rotura total de los conductores de un haz de fase, pero supuestos aquellos con una tensión mecánica igual al 50% de la que les corresponde en la hipótesis que se considere, no admitiéndose sobre los anteriores esfuerzos reducción alguna.

En los apoyos de andaje con ángulo se valorará, además del esfuerzo de torsión que se produce según lo indicado, el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia en su punto de aplicación.

**Tabla 3. Esfuerzo de rotura aplicable (% de la tensión total del haz de fase)**

Número de conductores por fase	%
1	100
≥2	50

#### 3.1.5.4 Rotura de conductores en apoyos de fin de línea

Se considerará este esfuerzo como en los apoyos del apartado 3.1.5.3, pero suponiendo, en el caso de las líneas con haces múltiples, los conductores sometidos a la tensión mecánica que les corresponda, de acuerdo con la hipótesis de carga.

#### 3.1.5.5 Rotura de conductores en apoyos especiales

Se considerará según la función que tenga cada circuito instalado en el apoyo, considerándose el esfuerzo que produzca la sollicitación más desfavorable para cualquier elemento del apoyo, teniendo en cuenta la torsión producida en el caso de que el esfuerzo sea excéntrico.

#### 3.1.6 Esfuerzos resultantes de ángulo

En los apoyos situados en un punto en el que el trazado de la línea ofrezca un cambio de dirección se tendrá en cuenta, además, el esfuerzo resultante de ángulo de las tracciones de los conductores y cables de tierra.

### 3.2 Conductores

#### 3.2.1 Tracción máxima admisible

La tracción máxima de los conductores y cables de tierra no resultará superior a su carga de rotura, mínima dividida por 2,5; si se trata de conductores cableados, o dividida por 3; si se trata de conductores de un alambre, considerándose sometidos a la hipótesis de sobrecarga de la Tabla 4 en función de que la zona sea A, B o C.

**Tabla 4. Condiciones de las hipótesis que limitan la tracción máxima admisible**

ZONA A		ZONA B	
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga Viento	Sobrecarga hielo
Tracción máxima viento	-5	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 ó 140 km/h según la tensión de línea	No se aplica
ZONA C			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga Viento	Sobrecarga hielo
Tracción máxima viento	-10	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 ó 140 km/h según la tensión de línea	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-15	No se aplica	Según el apartado 3.1.3
Tracción máxima hielo + viento (1)	-15	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 60 km/h	Según el apartado 3.1.3.
ZONA C			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga Viento	Sobrecarga hielo
Tracción máxima viento	-15	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 ó 140 km/h según la tensión de línea	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-20	No se aplica	Según el apartado 3.1.3
Tracción máxima hielo + viento (1)	-20	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 60 km/h	Según el apartado 3.1.3.

(1) La hipótesis de tracción máxima de hielo + viento se aplica a las líneas de categoría especial y a todas aquellas líneas que la norma particular de la empresa eléctrica así lo establezca o cuando el proyectista considere que la línea pueda encontrarse sometida a la citada carga combinada.

En el caso en que en la zona atravesada por la línea sea de tener aparición de velocidades de viento excepcionales, se considerarán los conductores y cables de tierra, a la temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ , en zona A,  $-10^{\circ}\text{C}$  en zona B y  $-15^{\circ}\text{C}$  en zona C, sometidos a su propio peso y a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad superior a 120 km/h o 140 km/h, según el apartado 3.1.2. El valor de la velocidad de viento excepcional será fijado por el proyectista o de acuerdo con las especificaciones particulares de la empresa eléctrica, en función de las velocidades registradas en las estaciones meteorológicas más próximas a la zona por donde transurre la línea.

### 3.2.2 Comprobación de fenómenos vibratorios

A la hora de determinar las tracciones mecánicas de los conductores y cables de tierra deberá tenerse en cuenta la incidencia de posibles fenómenos vibratorios que pueden, no sólo acortar la vida útil de los mismos, sino también dar lugar a desgaste y fallos en herrajes, aisladores y accesorios, e incluso en elementos de los apoyos. Estos fenómenos son producidos por la vibración edólica y en el caso de conductores en haz, además, la vibración del subvano (entre separadores).

La elección de una tracción adecuada a la temperatura ambiente y el uso de amortiguadores y separadores debidamente posicionados ayudan a prevenir estos fenómenos.

En general, se recomienda que la tracción a temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$  no supere el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instala.

También se recomienda la instalación de grapas de suspensión con varillas de protección.

### 3.2.3 Flechas máximas de los conductores y cables de tierra

De acuerdo con la clasificación de las zonas de sobrecarga definidas en el apartado 3.1.3, se determinará la flecha máxima de los conductores y cables de tierra en las hipótesis siguientes:

#### En zonas A, B y C:

- Hipótesis de viento.—Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según el apartado 3.1.2, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de  $+15^{\circ}\text{C}$ .
- Hipótesis de temperatura.—Sometidos a la acción de su peso propio, a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Para las líneas de categoría especial, esta

temperatura no será en ningún caso inferior a  $+85^{\circ}\text{C}$  para los conductores de fase ni inferior a  $+50^{\circ}\text{C}$  para los cables de tierra. Para el resto de líneas, tanto para los conductores de fase como para los cables de tierra, esta temperatura no será en ningún caso inferior a  $+50^{\circ}\text{C}$ .

c) Hipótesis de hielo.—Sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, según el apartado 3.1.3, a la temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ .

En las líneas de categoría especial y de primera categoría, cuando por la naturaleza de los conductores y condiciones del tendido sea preciso prevenir un importante proceso de fluencia durante la vida de los conductores, será preciso tenerlo en cuenta en el cálculo de las flechas, justificando los datos que sirvan de base para el planteamiento de los cálculos correspondientes.

### 3.3 Herrajes

Los herrajes sometidos a tensión mecánica por los conductores y cables de tierra o por los aisladores, deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura. Cuando la carga mínima de rotura se compruebe sistemáticamente mediante ensayos, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

Dicha carga de rotura mínima será aquella cuya probabilidad de que aparezcan cargas de rotura menores es inferior al 2%. La carga de rotura mínima puede estimarse como el valor medio de la distribución de las cargas de rotura menos 2,06 veces la desviación típica.

Las grapas de amarre del conductor, deben soportar una tensión mecánica en el amarre igual o superior al 95% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca su deslizamiento.

En el caso de herrajes especiales, como los que pueden emplearse para limitar los esfuerzos transmitidos a los apoyos, deberán justificarse plenamente sus características, así como la permanencia de las mismas.

### 3.4 Aisladores

El criterio de fallo será la rotura o pérdida de sus cualidades aislantes, al ser sometidos simultáneamente a tensión eléctrica y sollicitación mecánica del tipo al que realmente vayan a encontrarse sometidos.

La característica resistente básica de los aisladores será la carga electromecánica mínima garantizada, cuya probabilidad de que aparezcan casos menores es inferior al 2%, valor medio de la distribución menos 2,06 veces la desviación típica.

La resistencia mecánica correspondiente a una cadena múltiple, puede tomarse igual al producto del número de cadenas que la forman por la resistencia de cada cadena simple, siempre que, tanto en estado normal como con alguna cadena rota, la carga se reparta por igual entre todas las cadenas intactas.

El coeficiente de seguridad mecánica no será inferior a 3.

Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

### 3.5 Apoyos

#### 3.5.1 Criterios de agotamiento

El cálculo de la resistencia mecánica y estabilidad de los apoyos, cualquiera que sea su naturaleza y la de los elementos de que estén constituidos, se efectuará suponiendo aquellos sometidos a los esfuerzos que se fijan en los párrafos siguientes y con los coeficientes de seguridad señalados para cada caso en el apartado 3.5.4.

Los criterios de agotamiento, a considerar en el cálculo mecánico de los apoyos, serán según los casos:

- Rotura (descohesión).
- Fluencia (deformaciones permanentes).
- Inestabilidad (pandeo o inestabilidad general).
- Resiliencia (resistencia a bajas temperaturas)

#### 3.5.2 Características resistentes de los diferentes materiales

La característica básica de los materiales será la carga de rotura o el límite de fluencia, según los casos, con su valor mínimo garantizado.

Para la madera, en el caso de no disponer de sus características exactas, puede adoptarse como base del cálculo una carga de rotura de 500 daN/cm<sup>2</sup>, para las columnas y de 400 daN/cm<sup>2</sup>, para el castaño debiendo tenerse presente la reducción con el tiempo de la sección de la madera en el empotramiento.

El límite de fluencia de los aceros se considerará igual al límite elástico convencional.

Los perfiles utilizados serán de acero cuyo límite elástico sea igual o superior a 275 N/mm<sup>2</sup>, según norma UNE-EN 10025.

Para el cálculo de los elementos metálicos de los apoyos, el proyectista podrá emplear cualquier método sancionado por la técnica, siempre que cuente con una amplia experiencia de su aplicación, confirmada además por ensayos.

La esbaltiz máxima permitida será:

- Montantes: 150
- Celosías: 200
- Rellenos: 250

En las uniones de los elementos metálicos, los límites de agotamiento de los elementos de las uniones serán los siguientes, expresados en función del límite de fluencia del material:

- Tornillos calibrados a cortadura 1/0
- Pertigas al aplastamiento con tornillos calibrados 2/5
- Tornillos a tracción 0/3

# ANEXO DE DATOS

16504

Miércoles 19 marzo 2008

BOE núm. 68

BOE núm. 68

Miércoles 19 marzo 2008

16505

La calidad mínima de los tornillos será calidad 5,6 según las normas UNE-EN ISO 898-1 y UNE-EN 20,898-2, de 300 N/mm<sup>2</sup> de límite de fluencia. En las uniones por soldadura, se adoptará como límite de agotamiento del material que las constituye el establecido para cada tipo de soldadura en la correspondiente norma UNE 14035, "Cálculo de los cordones de soldadura solicitados por cargas estáticas".

### 3.5.3 Hipótesis de cálculo

Las diferentes hipótesis que se tendrán en cuenta en el cálculo de los apoyos serán las que se especifican en las tablas adjuntas, 5, 6, 7 y 8 según el tipo de apoyo.

En el caso de los apoyos especiales, se considerarán las distintas acciones definidas en el apartado 3.1, que pueden corresponderles de acuerdo con su función, combinadas en unas hipótesis definidas con los mismos criterios utilizados en las hipótesis de los apoyos normales.

En las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis, cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- Que los conductores y cables de tierra tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Tabla 5. Apoyos de líneas situadas en zona A (I)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)	3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Suspensión de Alineación o Suspensión de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.		
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)		ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)
	L	No aplica.	Desequilibrio de tracciones (apdo 3.1.4.1)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.1)
Amarre de Alineación o Amarre de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.		
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)		ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)
	L	No aplica	Desequilibrio de tracciones (apdo 3.1.4.2)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.2)

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -5 °C.

V = Esfuerzo vertical

L = Esfuerzo longitudinal

T = Esfuerzo transversal

# ANEXO DE DATOS

Tabla 6. Apoyos de líneas situadas en zona A (II)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)	3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Anclaje de Alineación o Anclaje de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.		
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)		ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)
	L	No aplica	Desequilibrio de tracciones (apartado 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3.)
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	No aplica	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.		No aplica
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).		Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4)

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -5 °C.

V = Esfuerzo vertical

L = Esfuerzo longitudinal

T = Esfuerzo transversal

Tabla 7. Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (I)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)	2.ª HIPÓTESIS		3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Suspensión de Alineación o Suspensión de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.1)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.1.)
Amarre de Alineación o Amarre de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.2)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.2.)

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:

**1.ª Hipótesis:** Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C.

**Resto hipótesis:** Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y 20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

16506

Miércoles 19 marzo 2008

BOE núm. 68

BOE núm. 68

Miércoles 19 marzo 2008

16507

# ANEXO DE DATOS

Tabla 8. Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (II)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)		2.ª HIPÓTESIS		3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
				(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Anclaje de Alineación o Anclaje de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).		
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)		
	L		No aplica.		Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3.)	
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	No aplica.	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.	No aplica.	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.	No aplica.		
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).		Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).		Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4.)	

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:

**1.ª Hipótesis:** Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C.  
**Resto hipótesis:** Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

V = Esfuerzo vertical

L = Esfuerzo longitudinal

T = Esfuerzo transversal

16508

Miércoles 19 marzo 2008

BOE núm. 68

BOE núm. 68

Miércoles 19 marzo 2008

16509

**3.5.4 Coeficientes de Seguridad**  
Los coeficientes de seguridad de los apoyos serán diferentes según el carácter de la hipótesis de cálculo a que han de ser aplicados. En este sentido, las hipótesis se clasifican de acuerdo con la tabla siguiente.

Tabla 9. Hipótesis de cálculo según el tipo de apoyo

Tipo de apoyo	Hipótesis normales	Hipótesis anormales
Alineación	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup> , 4 <sup>a</sup>
Ángulo	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup> , 4 <sup>a</sup>
Anclaje	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup> , 4 <sup>a</sup>
Fin de línea	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>

Elementos metálicos.—El coeficiente de seguridad respecto al límite de fluencia no será inferior a 1,5 para las hipótesis normales y 1,2 para las hipótesis anormales.

Cuando la resistencia mecánica de los apoyos completos se compruebe mediante ensayo en verdadera magnitud, los anteriores valores podrán reducirse a 1,45 y 1,15, respectivamente.

Elementos de hormigón armado.—El coeficiente de seguridad a la rotura de los apoyos y elementos de hormigón armado en las hipótesis normales de carga (1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup>) corresponderá a lo establecido en la norma UNE 207016.

Elementos de madera.—Los coeficientes de seguridad a la rotura no serán inferiores a 3,5 para las hipótesis normales y 2,8 para las anormales.

Tirantes o vientos.—Los cables o varillas utilizados en los vientos, tendrán un coeficiente de seguridad a la rotura no inferior a 3 en las hipótesis normales y a 2,5 en las anormales.

### 3.6 Cimentaciones

#### 3.6.1 Características generales

Si las cimentaciones están formadas por muros independientes para cada pata (cimentaciones de patas separadas), deberán ser diseñadas para absorber las cargas de compresión y arranque que el apoyo transmite al suelo. El cálculo de dichas cargas estará basado en el método del talud natural o ángulo de arrastre de tierras. También deberá ser comprobada la adherencia entre el anclaje y la cimentación de cada pata del apoyo.

En las cimentaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confinada a las reacciones verticales del terreno, se comprobará el coeficiente de seguridad al vuelco, que es la relación entre el momento estabilizador mínimo (debido a los pesos propios, así como las reacciones y empujes pasivos del terreno), respecto a la arista más cargada de la cimentación y el momento volador máximo motivado por las acciones externas.

El coeficiente de seguridad no será inferior a los siguientes valores:

Hipótesis normales: 1,5  
Hipótesis anormales: 1,20

En las cimentaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confinada a las reacciones horizontales del terreno, no se admitirá un ángulo de giro de la cimentación cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio de las acciones voladoras máximas con las reacciones del terreno.

En el caso de que surgiese roca superficialmente o a muy poca profundidad la cimentación, se podrá realizar uniendo el apoyo a la roca mediante pernos anclados a la misma (cimentación en roca). Del mismo modo, en aquellos casos en los que mediante los medios mecánicos habituales no se pueda realizar la cimentación hasta la profundidad necesaria y, por consiguiente, sea preciso reforzarla, se realizará dicho refuerzo uniendo el cimlento a la roca mediante pernos anclados a la misma (cimentación mixta).

#### 3.6.2 Comprobación al arranque

Se considerarán todas las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo:

- Peso del apoyo.
- Peso propio de la cimentación.
- Peso de las tierras que arrastraría el macizo de hormigón al ser arrancado.
- Carga resistente de los pernos, en el caso de realizarse cimentaciones mixtas o en roca.

Se comprobará que el coeficiente de estabilidad de la cimentación, definido como la relación entre las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo y la carga nominal de arranque, no sea inferior a 1,5 para las hipótesis normales y 1,2 para las hipótesis anormales.

En el caso de no disponer de las características reales del terreno mediante ensayos realizados en el emplazamiento de la línea, se recomienda utilizar como ángulo de talud natural o de arranque de tierras: 30° para terreno normal y 20° para terreno flojo.

#### 3.6.3 Comprobación a compresión

Se considerarán todas las cargas de compresión que la cimentación transmite al terreno:

# ANEXO DE DATOS

16510

Miércoles 19 marzo 2008

BOE núm. 88

- Peso del apoyo.
- Peso propio de la cimentación.
- Peso de las tierras que actúan sobre la solera de la cimentación.
- Carga de compresión ejercida por el apoyo.

Se comprobará que todas las cargas de compresión anteriores, divididas por la superficie de la solera de la cimentación, no sobrepasa la carga admisible del terreno.

En el caso de no disponer de las características reales del terreno mediante ensayos realizados en el emplazamiento de la línea se recomendará considerar como carga admisible para terreno normal  $3 \text{ daN/cm}^2$  y para terreno flojo  $2 \text{ daN/cm}^2$ . En el caso de cimentaciones mixtas o en roca se recomienda utilizar como carga admisible para la roca  $10 \text{ daN/cm}^2$ .

### 3.6.4 Comprobación de la adherencia entre anclaje y cimentación

De la carga mayor que transmite el anclaje a la cimentación, normalmente la carga de compresión, cuando el anclaje y la unión a la estructura estén embebidas en el hormigón, se considerará que la mitad de esta carga la absorbe la adherencia entre el anclaje y la cimentación y la otra mitad los casquillos del anclaje por la cotadura de los tornillos de unión entre casquillos y anclaje. Los coeficientes de seguridad de ambas cargas puestas a que el anclaje deslice de la cimentación, no deberán ser inferiores a 1,5.

### 3.6.5 Posibilidad de aplicación de otros valores del terreno

Cuando el desarrollo en la aplicación de las teorías de la mecánica del suelo lo consienta, el proyectista podrá proponer valores diferentes de los mencionados en los anteriores apartados, haciendo intervenir las características reales del terreno, pero limitando las deformaciones de los macizos de cimentación a valores admisibles para las estructuras sustentadas. En el caso de no disponer de dichas características, se podrán utilizar los valores que se indican en el cuadro adjunto.

**Tabla 10. Características orientativas del terreno para el cálculo de cimentaciones**

	Peso específico aparente $T_{\text{m}}/\text{m}^3$	Ángulo de talud natural $\alpha$ Grados sexag.	Carga admisible $\text{daN/cm}^2$	Coefficiente de rozamiento entre cimiento y terreno al arranque Grados sexag.	Coefficiente de compresibilidad a 2 m de profundidad $\text{daN/cm}^2$ (b)
I. Rocas en buen estado: Estratificadas (con algunas grietas) Terrenos no coherentes: a) Gravera arenosa (mínimo 1/3 de volumen de grava hasta 70 mm de tamaño) b) Arenoso grueso. (con diámetros de partículas entre 2 mm y 0,2 mm) c) Arenoso fino (con diámetros de partículas entre 2 mm y 0,2 mm) Terrenos no coherentes sueltos: a) Gravera arenosa b) Arenoso grueso c) Arenoso fino	1,80-1,90 1,60-1,80 1,50-1,60	30°	30-60 10-20	20°-22° 20°-25°	8-20
IV. Terrenos coherentes (a): a) Arcilloso duro b) Arcilloso semiduro c) Arcilloso blando d) Arcilloso fluido	1,80 1,80 1,50-2,00 1,60-1,70	20°	4 2 1 -	20°-25° 22° 14°-16° 0°	10 6-8 4-5 2-3
V. Fangos turbosos y terrenos pantanosos en general	0,60-1,1	30°-40°	(c)	14°-20°	(c)
VI. Terrenos de relleno sin consolidar	1,40-1,60		(c)		(c)

- Duro: Los terrenos con su humedad natural rompen difícilmente con la mano. Tonalidad en general clara. Semiduro: Los terrenos con su humedad natural se amasan difícilmente con la mano. Tonalidad en general oscura. Blando: Los terrenos con su humedad natural se amasan fácilmente, permitiendo obtener entre las manos cilindros de 3 mm de diámetro. Tonalidad oscura.
- Fluido: Los terrenos con su humedad natural presionados en la mano cerrada fluyen entre los dedos. Tonalidad en general oscura.
- Puede admitirse que sea proporcional a la profundidad en que se considere la acción.
- Se determinará experimentalmente.

### 3.6.6 Apoyos sin cimentación

En los apoyos de madera u hormigón que no precisen cimentación, la profundidad de empotramiento en el suelo será como mínimo de 1,3 metros para los apoyos de menos de 8 metros de altura, aumentando 0,10 metros por cada metro de exceso en la longitud del apoyo.

Cuando los apoyos de madera y hormigón necesiten cimentación, la resistencia de ésta no será inferior a la del apoyo que soporta.

En terrenos de poca consistencia, se rodeará el poste de un prisma de pedrálén.

BOE núm. 68

Miércoles 19 marzo 2008

16511

## 4 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

### 4.1 Régimen eléctrico de funcionamiento

Se realizarán los cálculos eléctricos de la línea para los distintos regímenes de funcionamiento previstos, poniéndose claramente de manifiesto los parámetros eléctricos de la línea, las intensidades máximas, caídas de tensión y pérdidas de potencia.

### 4.2 Capacidad de la corriente en los conductores

Se adoptará el sistema de cálculo conveniente entre los expuestos y se seguirán los condicionamientos exigidos para el mejor funcionamiento de la línea

#### 4.2.1 Densidad admisible

Las densidades de corriente máximas en régimen permanente no sobrepasarán los valores señalados en la tabla 11.

**Tabla 11. Densidad de corriente máxima de los conductores en régimen permanente**

Sección nominal $\text{mm}^2$	Densidad de corriente $\text{A}/\text{mm}^2$		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75	6,00	5,60
15	7,60	5,00	4,65
25	6,35	4,25	4,25
35	5,75	4,00	3,70
50	5,10	3,55	3,30
70	4,50	3,20	3,00
95	4,05	2,90	2,70
125	3,70	2,70	2,50
160	3,40	2,50	2,30
200	3,20	2,30	2,15
250	2,90	2,15	2,00
300	2,75	2,00	1,80
400	2,50	1,80	1,70
500	2,30	1,65	1,55
600	2,10	1,55	1,55

Los valores de la tabla anterior se refieren a materiales cuyas resistividades a 20 °C son las siguientes: Cobre 0,017241  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ , Aluminio duro 0,028264  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ , Aleación de aluminio 0,03250  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ . Para el acero galvanizado se puede considerar una resistividad de 0,192  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  y, para el acero recubierto de aluminio, de 0,0848  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .

Para cables de aluminio-acero se tomará en la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección total como si fuera de aluminio y su valor se multiplicará por un coeficiente de reducción que según la composición será: 0,916 para la composición 30+7, 0,937 para las composiciones 6+1 y 26+7, 0,95 para la composición 54+7, y 0,97 para la composición 49+7. El valor resultante se aplicará para la sección total del conductor.

Para los cables de aleación de aluminio-acero se procederá de forma análoga partiendo de la densidad de corriente correspondiente a la aleación de aluminio, empleándose los mismos coeficientes de reducción en función de la composición.

Para conductores de otra naturaleza, la densidad máxima admisible se obtendrá multiplicando la fijada en la tabla para la misma sección de cobre por un coeficiente igual a:

$$\sqrt{\frac{1,724}{p}}$$

siendo p la resistividad a 20 °C del conductor de que se trata, expresada en microohmios · centímetro.

NOTA: Se permitirán otros valores de densidad de corriente siempre que correspondan con valores actualizados publicados en las normas EN y CEI aplicables.

#### 4.2.2 Intensidades de los conductores

Se admitirán como alternativa de cálculo, en el caso de realizarse en el proyecto el estudio de la temperatura alcanzada por los conductores, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de la carga de la línea, valores diferentes a los obtenidos mediante la opción indicada en el apartado 4.2.1.

#### 4.2.2.1 Intensidad máxima admisible

Se realizará, mediante un sistema de cálculo contrastado y conforme a la normativa vigente, el estudio de la intensidad máxima admisible que puede circular por los conductores de la línea. Este estudio se documentará en el proyecto, indicándose, si procede, las condiciones climatológicas consideradas en los cálculos y en el diseño.

La sección de los conductores de fase deberá ser elegida de forma tal, que no se exceda la temperatura máxima para la que se ha calculado el material del conductor, bajo unas condiciones específicas definidas en las especificaciones del proyecto.

#### 4.2.2.2 Intensidad de cortocircuito

La línea aérea deberá ser diseñada y construida, para resistir sin dañarse los efectos mecánicos y térmicos, debidos a las intensidades de cortocircuito recogidas en las especificaciones del proyecto.

El cortocircuito puede ser:

- 1) trifásico
- 2) fase a fase
- 3) fase simple a tierra
- 4) fase doble a tierra

Los valores típicos para la duración de un cortocircuito, a tener en cuenta para el diseño son:

- a) conductores de fase y cables de tierra 0,5 s
- b) herrajes y accesorios de línea 1,0 s

El proyectista deberá tener en cuenta la duración real, la cual depende del tiempo de respuesta del sistema de protección de la línea aérea, que puede ser más larga o corta que los valores típicos anteriormente indicados.

Los métodos de cálculo de las corrientes de cortocircuito en las redes trifásicas de corriente alterna se dan en la norma UNE-EN 60909 y los métodos de cálculo de los efectos de las corrientes de cortocircuito son dados en la norma UNE-EN 60865-1. Alternativamente, se pueden recoger otros métodos de cálculo en las especificaciones del proyecto.

#### 4.3 Efecto corona y perturbaciones radioeléctricas

Será perceptiva la comprobación del comportamiento de los conductores al efecto corona en las líneas de tensión nominal superior a 66 kV. Asimismo, en aquellas líneas de tensión nominal entre 30 kV y 66 kV, ambas inclusive, que puedan estar próximas al límite inferior de dicho efecto, deberá realizarse la citada comprobación.

El proyectista justificará, con arreglo a los conocimientos de la técnica, los límites de los valores de la intensidad del campo en conductores, así como en sus accesorios, herrajes y aisladores que puedan ser admitidos en función de la densidad y proximidad de los servicios que puedan ser perturbados en la zona atravesada por la línea.

#### 4.4 Coordinación de aislamiento

La coordinación de aislamiento comprende la selección de la rigidez dieléctrica de los materiales, en función de las tensiones que pueden aparecer en la red a la cual estos materiales están destinados y teniendo en cuenta las condiciones ambientales y las características de los dispositivos de protección disponibles.

La rigidez dieléctrica de los materiales se considera aquí en el sentido de nivel de aislamiento normalizado. Los principios y reglas de la coordinación de aislamiento son descritos en las normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2. El procedimiento para la coordinación de aislamiento consiste en la selección de un conjunto de tensiones soportadas normalizadas, las cuales caracterizan el nivel de aislamiento.

Los niveles de aislamiento normalizados mínimos correspondientes a la tensión más elevada de la línea, tal como ésta ha sido definida en el apartado 1.2 de esta instrucción, serán los reflejados en las tablas 12 y 13.

Estas tablas especifican las tensiones soportadas normalizadas  $U_m$  para las gamas I y II. En ambas tablas, las tensiones soportadas normalizadas están agrupadas en niveles de aislamiento normalizados asociados a los valores de la tensión más elevada del material  $U_m$ .

En la gama I, las tensiones soportadas normalizadas incluyen la tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial y la tensión soportada a impulso tipo rayo. En la gama II, las tensiones soportadas normalizadas incluyen la tensión soportada a impulso tipo manobra y la tensión soportada a impulso tipo rayo.

Para otros valores de la tensión más elevada que no coincidan con los reflejados en la tabla se seguirá lo indicado en las Normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2.

En el caso de proyectarse líneas a una tensión superior a las incluidas en esta tabla, para la fijación de los niveles de aislamiento se deberá seguir lo indicado en las normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2.

La tensión permanentemente a frecuencia industrial y las sobretensiones temporales determinan la longitud mínima necesaria de la cadena de aisladores. La forma de los aisladores se seleccionará en función del grado de contaminación en la zona por donde discurre la línea.

En redes con neutro puesto directamente a tierra, con factores de defecto a tierra de 1,3 y menores, es normalmente suficiente diseñar los aisladores para que resistan la tensión fase a tierra más elevada de la red. Para coeficientes de falta a tierra más altos, y especialmente en redes con neutro aislado o puestas a tierra mediante bobina de compensación, puede ser necesario considerar las sobretensiones temporales.

La tensión soportada de coordinación para las tensiones permanentes a frecuencia industrial es igual a la tensión más elevada de la red para aislamiento entre fases e igual a esa misma tensión dividida por  $\sqrt{3}$  para el aislamiento fase a tierra.

La tensión soportada de coordinación de corta duración a frecuencia industrial es igual a la sobretensión temporal representativa, siempre que se utilice un método determinista para el estudio de coordinación de aislamiento según norma UNE-EN 60071-2.

La tensión soportada especificada  $U_m$  se determinará a partir de la tensión soportada de coordinación, teniendo en cuenta un factor de corrección asociado con las condiciones atmosféricas de la instalación según se indica en la norma UNE-EN 50341-1.

**Tabla 12. Niveles de aislamiento normalizados para la gama I (1 kV <  $U_m \leq 245$  kV)**

Tensión más elevada para el material $U_m$ (valor eficaz) (kV)	Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial (valor eficaz) (kV)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo (valor de cresta) (kV)
3,6	10	20
7,2	20	40
12	28	60
17,5	38	95
24	50	125
36	70	145
52	95	170
72,5	140	250
123	(185)	325
	230	450
145	(185)	550
	230	(450)
	275	650
	(230)	(500)
170	275	650
	325	750
	(275)	(650)
245	(325)	(750)
	360	850
	395	950
	460	1 050

NOTA: Si los valores entre paréntesis son insuficientes para probar que las tensiones soportadas especificadas entre fases se cumplen, se requieren ensayos complementarios de tensiones soportadas entre fases.

**Tabla 13. Niveles de aislamiento normalizados para la gama II ( $U_m > 245$  kV)**

Tensión más elevada para el material $U_m$ (valor eficaz) (kV)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo manobra			Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo (NOTA 2) (kV) (valor de cresta)
	Aislamiento longitudinal (nota 1) (valor de cresta) (kV)	Fase-tierra (valor de cresta) (kV)	Entre fases (relación al valor de cresta fase-tierra)	
420	850	850	1,60	1 050
	950	950	1,50	1 175
	950	1 050	1,50	1 300
	950	1 425	1,50	1 425

Nota 1: Valor de la componente de impulso del ensayo combinado aplicable mientras que la componente de frecuencia industrial en el borne opuesto alcanza el valor  $U_m \sqrt{2}/3$ .

Nota 2: Para los ensayos del aislamiento longitudinal con impulsos tipo rayo sigase lo indicado en la UNE-EN 60071-1.

Cuando el aislador está en un ambiente contaminado, la respuesta del aislamiento externo a tensiones a frecuencia industrial puede variar de forma importante. Los aisladores deberán resistir la tensión más elevada de la red con unas condiciones de polución permanentes con un riesgo aceptable de descargas. Por tanto, la selección del tipo de aislador y la longitud de la cadena de aisladores debe realizarse teniendo en cuenta el nivel de contaminación de la zona que atraviesa la línea.

El nivel de contaminación de la zona se elegirá de acuerdo a la tabla 14, donde se especifican cuatro niveles. Para cada nivel de contaminación se da una descripción aproximada de algunas zonas con sus medio ambientes típicos correspondientes y la línea de fuga mínima requerida.

**Tabla 14. Líneas de fuga recomendadas**

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mmkV <sup>2</sup>
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción.</li> <li>- Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes.</li> <li>- Zonas agrícolas<sup>1</sup></li> <li>- Zonas montañosas</li> <li>- Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar<sup>3</sup></li> </ul>	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción.</li> <li>- Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia.</li> <li>- Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)<sup>3</sup>.</li> </ul>	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación.</li> <li>- Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar<sup>3</sup>.</li> </ul>	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos.</li> <li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar.</li> <li>- Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.</li> </ul>	31,0

<sup>1</sup> Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase).

<sup>2</sup> Ejemplos de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, puede dar lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión en el viento.

<sup>3</sup> Las distancias desde la costa marítima dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.

## 5. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD, CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

### 5.1 Introducción

En las líneas aéreas es necesario distinguir entre distancias internas y externas.

Las distancias internas son dadas únicamente para diseñar una línea con una aceptable capacidad de resistir las sobretensiones.

Las distancias externas son utilizadas para determinar las distancias de seguridad entre los conductores en tensión y los objetos debajo o en las proximidades de la línea.

El objetivo de las distancias externas es evitar el daño de las descargas eléctricas al público en general, a las personas que trabajan en las cercanías de la línea eléctrica y a las personas que trabajan en su mantenimiento.

Las distancias dadas en los siguientes apartados no son aplicables cuando se realicen trabajos de mantenimiento de la línea aérea, con métodos de trabajo en tensión, para los cuales se deberán aplicar el R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Las distancias se refieren a las líneas de transmisión que usan conductores desnudos. Las líneas que usan conductores aislados, con una capa de aislamiento sólido alrededor del mismo para prevenir un fallo causado por un contacto temporal con un objeto puesto a tierra o un contacto temporal entre conductores de fase, se tratan en la ITC-LAT 08.

Cuando no se especifique que la distancia es "horizontal" o "vertical" será tomada la menor distancia entre las partes con tensión y el objeto considerado, teniendo en cuenta en el caso de carga con viento la desviación de los conductores y de la cadena de aisladores.

# ANEXO DE DATOS

## SIMBOLOGÍA NEUMÁTICA

Conversion de energía			
Compresor		Bomba de vacío	
Motor neumático unidireccional de caudal constante		Motor neumático bidireccional de caudal constante	
Actuador de giro		Cilindro neumático de simple efecto con retroceso por fuerza exterior	
Cilindro neumático de simple efecto con retroceso por muelle		Cilindro de doble efecto	
Cilindro de doble efecto con amortiguación regulable en ambos sentidos		Cilindro de doble efecto con doble vástago	
Unidad lineal neumática sin vástago		Cilindro hidroteloscópico	
Elementos de medición			
Manómetro		Caudalímetro	
Termómetro		Caudalímetro contador	
Presostato			

Transmisión de energía			
Conducto		Conducto flexible	
Fuente de presión neumática		Fuente de presión hidráulica	
Unión de conductos		Cruce de conductos	
Conexión cerrada de escape de aire		Silenciador	
Acoplamiento rápido desconectado, con conducto abierto		Acoplamiento rápido conectado con mecanismo de cierre de apertura mecánica	
Salida de aire sin posibilidad de conexión		Salida de aire con posibilidad de conexión	
Conexión de presión cerrada		Válvula de cierre	
Filtro		Filtro con purga manual de condensados	
Filtro con purga automática de condensados		Lubricador	
Refrigerador sin conductos para el sentido de flujo del medio refrigerante		Refrigerador con conductos para el medio refrigerante	
Secador		Unidad de mantenimiento	
Acumulador de aire a presión			

# ANEXO DE DATOS

Válvulas de vias			
Válvula 2/2 normalmente cerrada (NC)		Válvula 2/2 normalmente abierta (NA)	
Válvula 3/2 normalmente cerrada (NC)		Válvula 3/2 normalmente abierta (NA)	
Válvula 3/3 con centro cerrado		Válvula 4/2	
Válvula 4/3 con centro cerrado		Válvula 4/3 con centro a escape en las vias de trabajo	
Válvula 5/2		Válvula 5/3 con centro cerrado	
Válvula distribuidora proporcional con posiciones intermedias y 2 posiciones finales.			
Denominación de las conexiones			
ISO/DIS 11727	Para válvulas 2/2 y 3/2	Para válvulas 4/2 y 4/3	Para válvulas 5/2 y 5/3
1	P	P	P
2	A	B	B
3	R	R	S
4	-	A	A
5	-	-	R
10	Z	-	-
12	Z	Y	Y
14	-	Z	Z

Accionamientos				
Manual				
General		Pulsador	Pulsador a tracción	Palanca
				Pedal
Mecánico				
Leva		Rodillo	Rodillo escamoteable	muelle
		Válvula accionada en posición inicial		
Accionamiento por presión				
Pilotaje neumático		Centrado por muelle	Por aplicación de presión diferencial	
Accionamiento eléctrico				
		Electroimán con dos devanados		
		Electroimán con un devanado		
		Electroimán, servopilotaje y accionamiento manual auxiliar		
		Endavamiento		

# ANEXO DE DATOS

Válvulas de caudal			
Válvula reguladora de caudal con estrangulación constante		Válvula reguladora de caudal con estrangulación variable	
Regulador de caudal unidireccional		Divisor de caudal	
Válvulas de presión			
Válvula reguladora de presión con escape de aire		Válvula regulable, limitadora de presión	
Válvula de secuencia		Válvula de secuencia con pilotaje externo	
Válvulas de cierre			
Válvula antirretorno		Válvula antirretorno precargada	
		Selector de circuito	
		Válvula de simultaneidad	
		Válvula de escape rápido	
Componentes para vacío			
		Generador de vacío	
		Ventosa	
Detectores neumáticos			
		Detector reflex	
		Amplificador de señal de baja presión	

# ANEXO DE DATOS

Tabla B - Tipos de instalación de cables en enterrados

<b>A1</b>	- Conductores unipolares aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes - Cables multiconductores empotrados directamente en paredes térmicamente aislantes. - Conductores unipolares aislados en molduras. - Conductores unipolares aislados en conductos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las puertas. - Conductores unipolares aislados en tubos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las ventanas.
<b>A2</b>	- Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes.
<b>B1</b>	- Conductores aislados o cable unipolar en tubos empotrados en obra - Conductores aislados o cable unipolar en tubo sobre pared de madera o mampostería separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo. - Conductores unipolares aislados en canales o conductos cerrados de sección no circular sobre pared de madera - Cables unipolares o multiconductores en huecos de obra de fábrica +) - Conductores unipolares aislados en tubos dentro de huecos de obra de fábrica +) - Conductores unipolares aislados en conductos cerrados de sección no circular en huecos de obra de fábrica +) - Conductores aislados en conductos cerrados de sección no circular empotrados en obra de fábrica con una resistividad térmica no superior a 2K·m/W +) - Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora empotrada en el suelo - Conductores aislados o cables unipolares en conductos perforados empotrados - Cables uni o multiconductores en falsos techos o suelos técnicos +) - Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora suspendida - Conductores aislados o cables unipolares en tubos en canalizaciones no ventiladas +) - Conductores unipolares aislados en tubos en canales de obra ventilados - Cables uni o multiconductores en canales de obra ventilados - Conductores unipolares aislados o cables unipolares dentro de zócalos acanalados (rodapiés ranurado)
<b>B2</b>	- Cables multiconductores en tubos empotrados en obra - Cables multiconductores en tubos sobre pared de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo. - Cables multiconductores en canales o conductos cerrados de sección no circular sobre pared de madera - Cables multiconductores en canal protectora suspendida - Cables multiconductores dentro de zócalos acanalados (rodapiés ranurado) - Cables multiconductores en canal protectora empotrada en el suelo - Cables multiconductores en conductos perforados empotrados
<b>C</b>	- Cables multiconductores directamente bajo un techo de madera - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas no perforadas - Cables unipolares o multiconductores fijados en el techo o pared de madera o espaciados 0,3 veces el diámetro del cable - Cables uni o multiconductores empotrados directamente en paredes
<b>E</b>	- Cables multiconductores separados de la pared una distancia no inferior a 0,3 D <sup>5)</sup> - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de escalera - Cables unipolares o multiconductores suspendidos de un cable fijador
<b>F</b>	- Se aplica a los mismos sistemas de instalación que el tipo E, cuando la sección del conductor es superior a 25 mm <sup>2</sup> - Cables unipolares en contacto mutuo separados de la pared una distancia no inferior a D <sup>5)</sup>

Tabla C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014)  
Intensidades admisibles en amperios Temperatura ambiente 40 °C en el aire  
Número de conductores cargados y tipos de aislamiento

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																			
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13	
<b>A1</b>	PVC 3	PVC 2	PVC 2	PVC 2																
<b>A2</b>	PVC 3	PVC 2																		
<b>B1</b>																				
<b>B2</b>																				
<b>C</b>																				
<b>E</b>																				
<b>F</b>																				
<b>Sección mm<sup>2</sup></b>																				
<b>Cable</b>																				
<b>1,5</b>	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	20	21	23	23	-
<b>2,5</b>	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	32	32	-
<b>4</b>	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	44	44	-
<b>6</b>	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	57	57	-
<b>10</b>	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	54	57	60	63	65	68	72	78	78	-
<b>16</b>	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	104	104	-
<b>25</b>	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146	146	-
<b>35</b>	-	-	-	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182	182	182
<b>50</b>	-	-	-	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220	220	220
<b>70</b>	-	-	-	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282	282	282
<b>95</b>	-	-	-	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343	343	343
<b>120</b>	-	-	-	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397	397	397
<b>150</b>	-	-	-	-	-	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458	458	458
<b>185</b>	-	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523	523	523
<b>240</b>	-	-	-	-	-	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617	617	617
<b>Alu-milimio</b>																				
<b>2,5</b>	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	25	-	-
<b>4</b>	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	34	-	-
<b>6</b>	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	44	-	-
<b>10</b>	26	27	31	33	35	38	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	-	-	-	-
<b>16</b>	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	82	-	-
<b>25</b>	46	49	54	60	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110	110	-	-
<b>35</b>	-	-	-	74	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136	136	-	-
<b>50</b>	-	-	-	90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167	167	-
<b>70</b>	-	-	-	115	121	121	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215	215	-	-
<b>95</b>	-	-	-	140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262	262	-
<b>120</b>	-	-	-	161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306	306	-
<b>150</b>	-	-	-	-	-	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353	353	-
<b>185</b>	-	-	-	-	-	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406	406	-
<b>240</b>	-	-	-	-	-	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482	482	-

## UNE-HD 60364-5-52 (extracto)

### Conductividad

$$K = \sqrt{\frac{70 - \theta_k}{70 - 40}}$$

$$K = \sqrt{\frac{90 - \theta_k}{90 - 40}}$$

Termoplásticos  
Termoestables

TEMPERATURA DEL CONDUCTOR			
	20 °C	TERMOPLÁSTICOS 70 °C	TERMOESTABLES 90 °C
Cu	58,00	48,47	45,49
Al	35,71	29,67	27,8

**TABLA B.52.14**  
Factores de corrección de la intensidad admisible para temperatura ambiente diferente de 40 °C

ASLAMIENTO	TEMPERATURA AMBIENTE (θ <sub>a</sub> ) (°C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo PVC (termoplástico)	1,4	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78

**TABLA B.52.15**  
Factores de corrección de la intensidad admisible para temperaturas ambiente del terreno diferentes de 25 °C

ASLAMIENTO	TEMPERATURA AMBIENTE (θ <sub>a</sub> ) (°C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo PVC (termoplástico)	1,16	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,11	1,08	1,04	1,00	0,97	0,93	0,89	0,83	0,79	0,74	0,68

**TABLA B.52.16**

Factores de corrección de la intensidad admisible para cables soterrados en terrenos de resistividad térmica diferente a 2,5 K·m/W

RESISTIVIDAD TÉRMICA (K·m/W)	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Cables en conductos enterrados (D1)	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Cables enterrados directamente (D2)	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90	

Factores de corrección por agrupamiento

**TABLA C.52.3**

PUNTO	DISPOSICIÓN	NÚMERO DE CIRCUITOS O CABLES MULTICONDUCTORES										INSULACIÓN TIPO
		1	2	3	4	6	9	12	16	20		
1	Agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente.	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	0,40	A & F
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas.	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	C
3	Capa única fijada al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	C
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	E & F
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

**TABLA B.52.18**  
Factores de corrección por agrupamiento de varios circuitos, cables directamente enterrados (tipo D2)

NÚMERO DE CIRCUITOS	DISTANCIA ENTRE CONDUCTOS (a)			
	Nulla (cables en contacto)	Un diámetro de cable	0,25m	0,50m
2	0,75	0,80	0,85	0,90
3	0,55	0,70	0,75	0,80
4	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70
6	0,50	0,55	0,60	0,70
7	0,45	0,51	0,59	0,67
8	0,43	0,48	0,57	0,65
9	0,41	0,46	0,55	0,63
12	0,36	0,42	0,51	0,59
16	0,32	0,38	0,47	0,56
20	0,29	0,35	0,44	0,53

**TABLA B.52.19**

A-Cables multiconductores en conductos enterrados (tipo D1) o cables unipolares en un solo conducto

NÚMERO DE CABLES MULTICONDUCTORES O DE GRUPOS DE 2 O 3 CABLES UNIPOLARES (UN CIRCUITO POR CONDUCTO)	DISTANCIA ENTRE CONDUCTOS (a)			
	Nulla (tubos en contacto)	0,25m	0,50m	1,0m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90
7	0,57	0,75	0,80	0,88
8	0,54	0,74	0,78	0,88
9	0,52	0,73	0,77	0,87
10	0,49	0,72	0,76	0,86
11	0,47	0,70	0,75	0,86
12	0,45	0,69	0,74	0,85
13	0,44	0,68	0,73	0,85
14	0,42	0,68	0,72	0,84
15	0,41	0,67	0,72	0,84
16	0,39	0,66	0,71	0,83
17	0,38	0,65	0,70	0,83
18	0,37	0,65	0,70	0,83
19	0,35	0,64	0,69	0,82
20	0,34	0,63	0,68	0,82