

Instalaciones Eléctricas – Examen 11-07-19

Indicaciones:

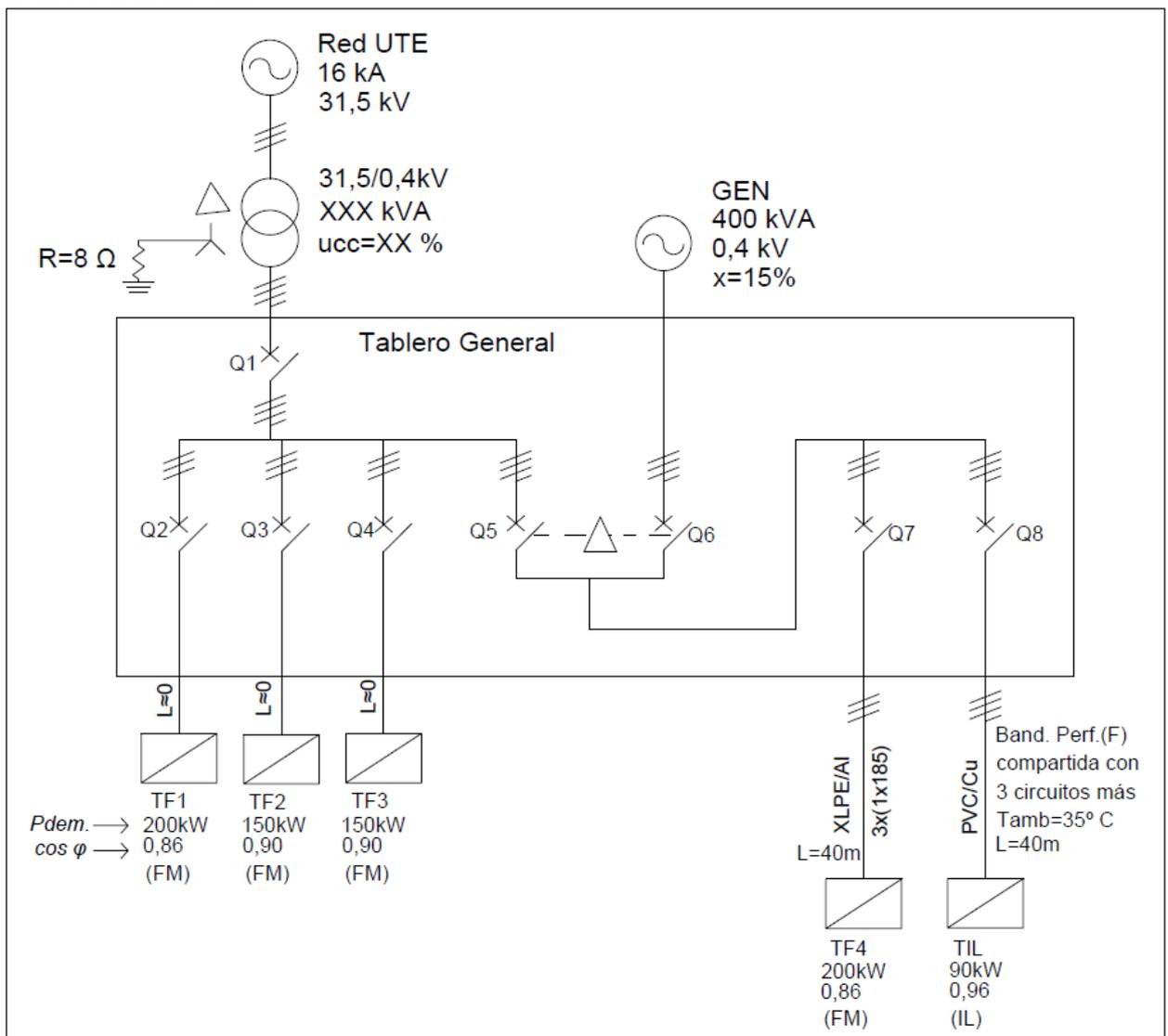
- Escribir nombre y CI en todas las hojas.
- Numerar todas las hojas con el formato x/y, siendo “x” el nº de hoja e “y” el nº total de hojas.
- Comenzar a responder cada pregunta y ejercicio en una hoja nueva. Escribir solamente de un lado de cada hoja.
- Entregar las hojas dobladas por pregunta/ejercicio y con el nombre visible.
- El uso de teléfono durante la prueba conllevará el inmediato retiro de la misma.

Condiciones mínimas de aprobación:

1. Obtener al menos un 75% del puntaje total del ejercicio, y
2. Obtener al menos un 75% del puntaje en 2 de las 3 preguntas u obtener un 50% en cada una de las 3 preguntas.

Ejercicio (24ptos)

Una planta industrial actualmente se alimenta en MT (31,5kV) y presenta la instalación que se muestra a continuación:



- a) Calcule la potencia demandada por la instalación.
- b) Seleccione el trafo a instalar considerando una previsión de aumento en la potencia demandada del 10%. Se adjunta catalogo de transformadores.
- c) Calcular los Poderes de Corte de todos los interruptores de la planta. Desprecie las pérdidas en el cobre del transformador.

Considere para los conductores:

$$\rho(\text{Cu})=0,0222\Omega\text{mm}^2/\text{m}$$

$$\rho(\text{Al})=0,028\Omega\text{mm}^2/\text{m}$$

$$x(\text{Cu})=x(\text{Al})=0,09\text{m}\Omega/\text{m}.$$

Criterio de diseño – cable de neutro

En Cu: $S_f \leq 16\text{mm}^2$ en Cu, $S_n=S_f / 2$ / $S_f > 16\text{mm}^2$ en Cu, $S_n=S_f/2$

En Al: $S_f \leq 25\text{mm}^2$ en Al, $S_n=S_f / 2$ / $S_f > 25\text{mm}^2$ en Al, $S_n=S_f/2$

Considere para cargas de tipo motriz: $x_m=20\%$.

Despreciar el largo de los conductores entre: - el trafo y el TG

- el TG y TF1,TF2,TF3

- el TG y grupo generador

- d) Se sabe que el tablero TIL alimenta 3 tableros de iluminación (TIL1, TIL2, TIL3) y que las canalizaciones llevan los conductores a las cargas mediante bandejas perforadas (Método F). También se conocen las caídas de tensión máxima entre estos tableros y las cargas que alimentan (ver diagrama unifilar).

Diseño por criterios de corriente admisible y caída de tensión el cable entre el tablero TG y TIL considerando que:

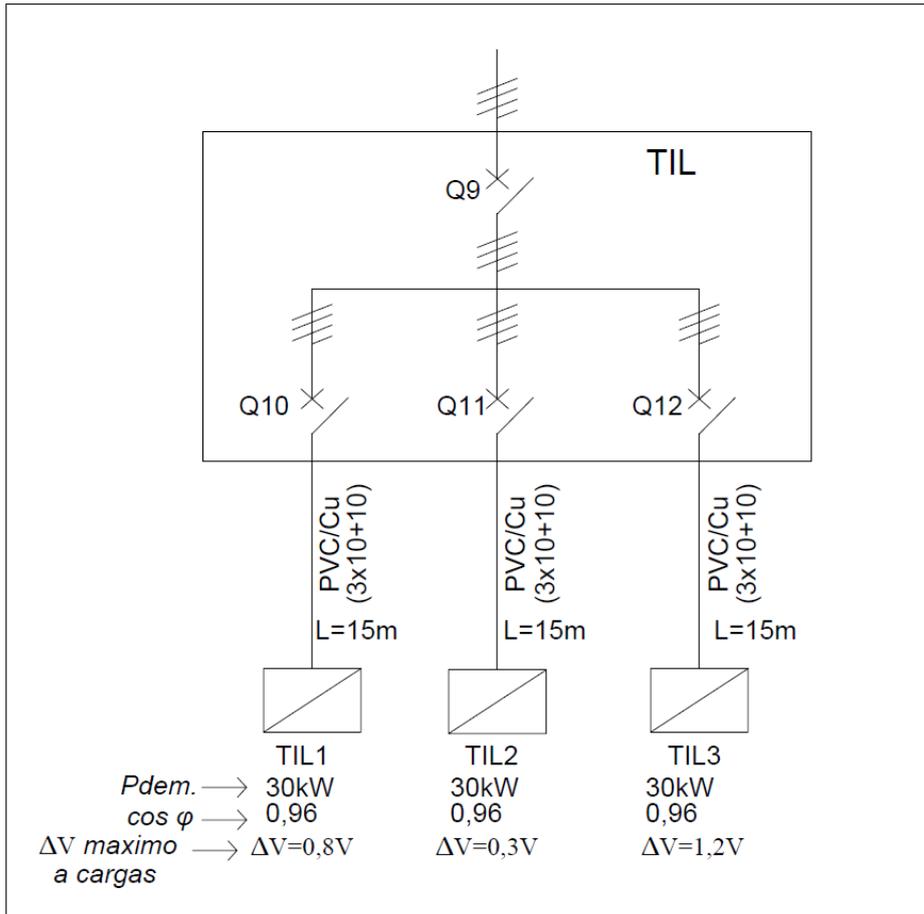
- TIL demanda 90kW con $\cos \varphi= 0,96$.

- el recorrido del cable mide 40m

- la aislación del cable será PVC

- el material conductor del cable será Cu

- Se adjuntan tablas de corriente admisible y factores de corrección



- e) Plantee las condiciones que debe cumplir el interruptor del Tablero General que protege el cable diseñado en la parte anterior (Q8). En caso de ser posible, exprese también las condiciones anteriores numéricamente.

...—|

TABLA A. 52-1 bis:
INTENSIDADES ADMISIBLES EN AMPERIOS AL AIRE (40 °C)

| Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A1 | | | PVC3 70 °C | PVC2 70 °C | | XLPE3 90 °C | XLPE2 90 °C | | | | | | |
| A2 | | PVC3 70 °C | PVC2 70 °C | | XLPE3 90 °C | XLPE2 90 °C | | | | | | | |
| B1 | | | | | PVC3 70 °C | PVC2 70 °C | | XLPE3 90 °C | | XLPE2 90 °C | | | |
| B2 | | | | PVC3 70 °C | PVC2 70 °C | | XLPE3 90 °C | XLPE2 90 °C | | | | | |
| C | | | | | | PVC3 70 °C | | PVC2 70 °C | XLPE3 90 °C | | XLPE2 90 °C | | |
| D* | | VER SIGUIENTE TABLA | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | PVC3 70 °C | | PVC2 70 °C | XLPE3 90 °C | | XLPE2 90 °C | |
| F | | | | | | | | PVC3 70 °C | | PVC2 70 °C | XLPE3 90 °C | | XLPE2 90 °C |
| Cobre | mm ² | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | 1,5 | 11 | 11,5 | 13 | 13,5 | 15 | 16 | 16,5 | 19 | 20 | 21 | 24 | 25 |
| | 2,5 | 15 | 16 | 17,5 | 18,5 | 21 | 22 | 23 | 26 | 26,5 | 29 | 33 | 34 |
| | 4 | 20 | 21 | 23 | 24 | 27 | 30 | 31 | 34 | 36 | 38 | 45 | 46 |
| | 6 | 25 | 27 | 30 | 32 | 36 | 37 | 40 | 44 | 46 | 49 | 57 | 59 |
| | 10 | 34 | 37 | 40 | 44 | 50 | 52 | 54 | 60 | 65 | 68 | 76 | 82 |
| | 16 | 45 | 49 | 54 | 59 | 66 | 70 | 73 | 81 | 87 | 91 | 105 | 110 |
| | 25 | 59 | 64 | 70 | 77 | 84 | 88 | 95 | 103 | 110 | 116 | 123 | 140 |
| | 35 | 72 | 77 | 86 | 96 | 104 | 110 | 119 | 127 | 137 | 144 | 154 | 174 |
| | 50 | 86 | 94 | 103 | 117 | 125 | 133 | 145 | 155 | 167 | 175 | 188 | 210 |
| | 70 | 109 | 118 | 130 | 149 | 160 | 171 | 185 | 199 | 214 | 224 | 244 | 269 |
| | 95 | 130 | 143 | 156 | 180 | 194 | 207 | 224 | 241 | 259 | 271 | 296 | 327 |
| | 120 | 150 | 164 | 188 | 208 | 225 | 240 | 260 | 280 | 301 | 314 | 348 | 380 |
| | 150 | 171 | 188 | 205 | 236 | 260 | 278 | 299 | 322 | 343 | 363 | 404 | 438 |
| 185 | 194 | 213 | 233 | 268 | 297 | 317 | 341 | 368 | 391 | 415 | 464 | 500 | |
| 240 | 227 | 249 | 272 | 315 | 350 | 374 | 401 | 435 | 468 | 490 | 552 | 590 | |
| 300 | 259 | 285 | 311 | 349 | 396 | 423 | 461 | 516 | 547 | 640 | 674 | 713 | |
| Aluminio | 2,5 | 11,5 | 12 | 13,5 | 14 | 16 | 17 | 18 | 20 | 20 | 22 | 25 | - |
| | 4 | 15 | 16 | 18,5 | 19 | 22 | 24 | 24 | 26,5 | 27,5 | 29 | 35 | - |
| | 6 | 20 | 21 | 24 | 25 | 28 | 30 | 31 | 33 | 36 | 38 | 45 | - |
| | 10 | 27 | 28 | 32 | 34 | 38 | 42 | 42 | 46 | 50 | 53 | 61 | - |
| | 16 | 36 | 38 | 42 | 46 | 51 | 56 | 57 | 63 | 66 | 70 | 83 | 82 |
| | 25 | 46 | 50 | 54 | 61 | 64 | 71 | 72 | 78 | 84 | 88 | 94 | 105 |
| | 35 | - | 61 | 67 | 75 | 78 | 88 | 89 | 97 | 104 | 109 | 117 | 130 |
| | 50 | - | 73 | 80 | 90 | 96 | 106 | 108 | 118 | 127 | 133 | 145 | 160 |
| | 70 | - | - | - | 116 | 122 | 136 | 139 | 151 | 162 | 170 | 187 | 206 |
| | 95 | - | - | - | 140 | 148 | 167 | 169 | 183 | 197 | 207 | 230 | 251 |
| | 120 | - | - | - | 162 | 171 | 193 | 196,5 | 213 | 228 | 239 | 269 | 293 |
| | 150 | - | - | - | 187 | 197 | 223 | 227 | 246 | 264 | 277 | 312 | 338 |
| | 185 | - | - | - | 212 | 225 | 236 | 259 | 281 | 301 | 316 | 359 | 388 |
| | 240 | - | - | - | 248 | 265 | 300 | 306 | 332 | 355 | 372 | 429 | 461 |
| 300 | - | - | - | 285 | 313 | 343 | 383 | 400 | 429 | 462 | 494 | 558 | |

NOTAS: Con fondo gris, figuran los valores que no se aplican en ningún caso. Los cables de aluminio no son termoplásticos (PVC2 o PVC3), ni suelen tener secciones inferiores a 16 (estos valores no son necesarios).

Los valores en cursiva no figuran en la tabla original. Han sido calculados con los criterios de la norma UNE 20460-5-523.

* Método D

| | Sección mm ² | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 |
|----------|----------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Cobre | PVC2 | 20,5 ⁽¹⁾ | 27,5 ⁽¹⁾ | 36 ⁽¹⁾ | 44 | 59 | 76 | 98 | 118 | 140 | 173 | 205 | 233 | 264 | 296 | 342 | 387 |
| | PVC3 | 17 ⁽¹⁾ | 22,5 ⁽¹⁾ | 29 ⁽¹⁾ | 37 | 49 | 63 | 81 | 97 | 115 | 143 | 170 | 192 | 218 | 245 | 282 | 319 |
| | XLPE2 | 24,5 ⁽¹⁾ | 32,5 ⁽¹⁾ | 42 ⁽¹⁾ | 53 | 70 | 91 | 116 | 140 | 166 | 204 | 241 | 275 | 311 | 348 | 402 | 455 |
| | XLPE3 | 21 ⁽¹⁾ | 27,5 ⁽¹⁾ | 35 ⁽¹⁾ | 44 | 58 | 75 | 96 | 117 | 138 | 170 | 202 | 230 | 260 | 291 | 336 | 380 |
| Aluminio | XLPE2 | | | | | | 70 | 89 | 107 | 126 | 156 | 185 | 211 | 239 | 267 | 309 | 349 |
| | XLPE3 | | | | | | 58 | 74 | 90 | 107 | 132 | 157 | 178 | 201 | 226 | 261 | 295 |

(1) No permitido.

Sobre la base de estas expresiones se han obtenido los factores de corrección que se indican a continuación:

TABLA 52-D1: FACTORES DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

| Aislamiento | Temperatura ambiente (θ_a) (°C) | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| Tipo PVC (termoplástico) | 1,40 | 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 |



Luego, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 40 °C, la mejor refrigeración de los cables les permitirá transportar corrientes superiores. Recíprocamente, temperaturas ambiente más elevadas deben corresponderse con corrientes más reducidas. Esto es especialmente importante cuando en canalizaciones antiguas se añaden nuevos circuitos a los ya existentes. Si no se tiene en cuenta la mayor temperatura ambiente que suponen estos nuevos cables y se reduce la carga de los circuitos antiguos se pueden producir sobrecalentamientos peligrosos para la instalación. En estos casos hay que recalcular las intensidades de cada circuito teniendo en cuenta el agrupamiento final resultante.

TABLA 52-D2:

FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA INTENSIDAD ADMISIBLE PARA TEMPERATURAS AMBIENTE DEL TERRENO DIFERENTES DE 25 °C A APLICAR PARA CABLES (EN CONDUCTOS ENTERRADOS)

| Aislamiento | Temperatura del terreno (θ_a) (°C) | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
| Tipo PVC (termoplástico) | 1,16 | 1,11 | 1,06 | 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 | 1,05 | 1,00 | 0,97 | 0,93 | 0,86 | 0,83 | 0,79 | 0,74 | 0,68 | 0,62 | 0,55 | 0,48 | 0,39 |



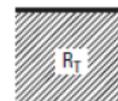
FACTORES DE CORRECCIÓN POR RESISTIVIDAD DEL TERRENO

Una importante novedad de la nueva versión de la UNE 20460-5-523 es considerar la resistividad estándar del terreno de 2,5 K·m/W frente a 1 K·m/W (referencia anterior), lo que supone una drástica reducción de las intensidades admisibles en cables enterrados en instalaciones interiores o receptoras (las que no son redes de distribución) frente al método que se venía utilizando hasta ahora proveniente de la ITC-BT- 07 que a su vez ha sido redactada basándose en la UNE 20435.

TABLA 52-D3:

FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA INTENSIDAD ADMISIBLE PARA CABLES (EN CONDUCTOS ENTERRADOS) EN TERRENOS DE RESISTIVIDAD DIFERENTE DE 2,5 K·m / W

| Resistividad térmica K·m / W | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |
|------------------------------|------|-----|------|-----|------|
| Factor de corrección | 1,18 | 1,1 | 1,05 | 1 | 0,96 |



FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO

El calentamiento mutuo de los cables, cuando varios circuitos coinciden en la misma canalización, obliga a considerar un factor de corrección adicional para tener en cuenta la mayor dificultad para disipar el calor generado, ya que esta situación equivale a una mayor temperatura ambiente.

Por esta razón, la Norma UNE 20-460-5-523 incluye la tabla A.52-3 en la que se reseñan los factores de corrección a considerar cuando en una canalización se encuentran juntos varios circuitos o varios cables multiconductores. Estos factores deben utilizarse para modificar las intensidades indicadas en la tabla A.52-1 bis o en la tabla básica simplificada antes citada.

TABLA A. 52-3:

| Punto | Disposición | Número de circuitos o cables multiconductores | | | | | | | | | |
|-------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 | 12 | 16 | 20 | |
| 1 | Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o conducto o grapados sobre una superficie al aire) | 1,0 | 0,80 | 0,70 | 0,70 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,40 | |
| 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 | |
| 3 | Capa única en el techo | 0,95 | 0,80 | 0,70 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | |
| 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 | |
| 5 | Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc. | 1,0 | 0,85 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | |



Características eléctricas

36 kV: B₀₃₆ B_{K36}

| Potencia asignada [kVA] | | 250 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500(*) | |
|--|-------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| Tensión asignada (Ur) | Primaria [kV] | 31.5 | | | | | | | | | | |
| | Secundaria en vacío [V] | 400 | | | | | | | | | | |
| Grupo de Conexión | | Dyn11 | | | | | | | | | | |
| Pérdidas en Vacío - Po [W] | Lista B ₀₃₆ | 650 | 930 | 1100 | 1300 | 500 | 1700 | 2100 | 2600 | 3150 | 3800 | |
| Pérdidas en Carga - Pk [W] | Lista B _{K36} | 3500 | 4900 | 5600 | 6500 | 8400 | 10500 | 13500 | 17000 | 21000 | 26500 | |
| Impedancia de Cortocircuito (%) a 75°C | | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | |
| Nivel de Potencia Acústica LwA [dB] | Lista B ₀₃₆ | 62 | 65 | 66 | 67 | 68 | 68 | 70 | 71 | 73 | 76 | |
| Caída de tensión a plena carga (%) | cosφ=1 | 1.49 | 1.32 | 1.21 | 1.13 | 1.22 | 1.22 | 1.25 | 1.24 | 1.22 | 1.23 | |
| | cosφ=0.8 | 3.72 | 3.62 | 3.55 | 3.50 | 4.47 | 4.47 | 4.49 | 4.48 | 4.47 | 4.47 | |
| Rendimiento (%) | CARGA 100% | cosφ=1 | 98.37 | 98.56 | 98.68 | 98.78 | 98.78 | 98.79 | 98.77 | 98.79 | 98.81 | 98.80 |
| | | cosφ=0.8 | 97.97 | 98.21 | 98.35 | 98.48 | 98.48 | 98.50 | 98.46 | 98.49 | 98.51 | 98.51 |
| | CARGA 75% | cosφ=1 | 98.62 | 98.79 | 98.88 | 98.96 | 98.97 | 99.00 | 98.98 | 99.00 | 99.01 | 99.01 |
| | | cosφ=0.8 | 98.28 | 98.49 | 98.60 | 98.71 | 98.72 | 98.75 | 98.72 | 98.75 | 98.77 | 98.77 |

Dimensiones [mm]

| | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potencia asignada [kVA] | 250 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 |
| A (Largo) | 1376 | 1537 | 1622 | 1592 | 1932 | 1997 | 2007 | 1922 | 1965 | 2093 |
| B (Ancho) | 930 | 941 | 962 | 962 | 1161 | 1200 | 1200 | 1224 | 1277 | 1487 |
| C (Alto a tapa) | 915 | 1004 | 1026 | 1092 | 1112 | 1158 | 1230 | 1517 | 1715 | 1737 |
| D1 (Alto a MT con Porcelana MT) | 1368 | 1442 | 1464 | 1530 | 1550 | 1596 | 1668 | 1955 | 2153 | 2175 |
| D3 (Alto a MT Borna enchufable MT) | 1050 | 1139 | 1161 | 1227 | 1247 | 1293 | 1365 | 1652 | 1850 | 1872 |
| D2 (Alto a BT con Palas) | 1149 | 1238 | 1287 | 1353 | 1445 | 1491 | 1563 | 1886 | 2084 | 2167 |
| F (separación MT) | 375 | 375 | 375 | 375 | 375 | 375 | 375 | 375 | 375 | 375 |
| H (separación entre BT) | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 200 | 200 | 200 |
| J (Distancia entre ruedas) | 670 | 670 | 670 | 670 | 670 | 670 | 820 | 820 | 820 | 1070 |
| K (ancho rueda) | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Ø (diámetro rueda) | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| L (Rueda) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 165 | 165 | 165 | 165 |
| Volumen Aceite [Litros] | 260 | 340 | 390 | 410 | 500 | 530 | 550 | 1000 | 1200 | 1400 |
| Peso total [Kg] | 1000 | 1330 | 1600 | 1800 | 2220 | 2480 | 2780 | 3850 | 4850 | 5350 |

Pregunta 1)

- a. Explique el principio de funcionamiento de un interruptor diferencial.
- b. Defina el concepto de contacto directo y contacto indirecto. Indique un ejemplo para cada caso.
- c. Defina y haga un diagrama de los sistemas de distribución TT, TN-S e IT.
- d. Indique para que tipo de protección es indicado el interruptor diferencial de sensibilidad 30mA para cada sistema de distribución y justifique su respuesta.

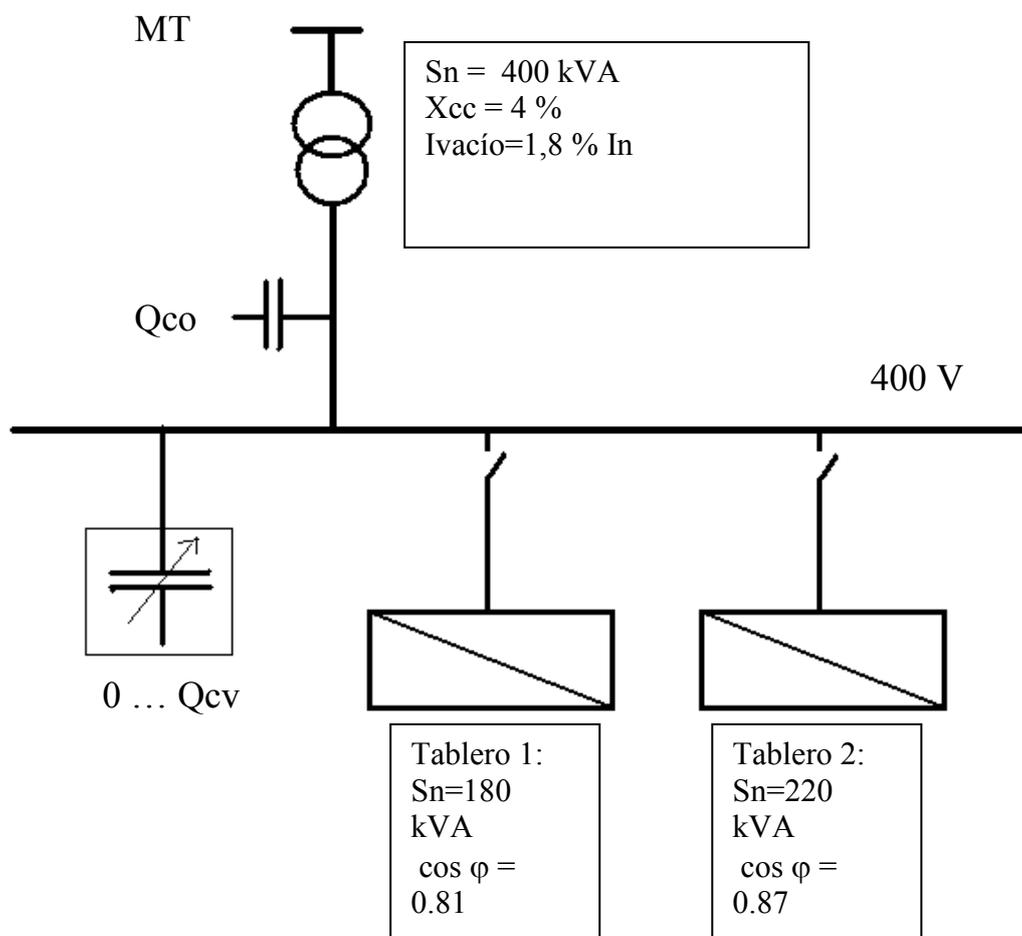
Pregunta 2)

- a) Explique el concepto de luminancia.
- b) ¿En qué unidades se mide la luminancia?
- c) Indique cuales de las siguientes afirmaciones son correctas y cuales no lo son. Justifique brevemente.
 - i. La luminancia solo depende de la superficie del objeto de donde proviene la luz.
 - ii. Tiene sentido hablar de luminancia tanto para un objeto que emite luz como para uno que solamente la refleja.
 - iii. La luminancia no está asociada a una dirección.

Pregunta 3)

- a) Indique 3 ubicaciones posibles para los condensadores de BT con el objetivo de lograr la compensación de reactiva de una instalación.
- b) Para las ubicaciones de la parte a) indique cuales beneficios aportan a la instalación cada una de las mismas.

La instalación de la figura se alimenta en MT. La compensación de reactiva se compone de una capacidad fija Q_{co} y un banco de capacidad variable entre 0 y Q_{cv} (utilizándose en él una cierta cantidad de elementos capacitivos no determinado)



- c) Calcular la reactiva nominal Q_{co} de manera que se anule la reactiva consumida por la instalación, cuando ambas salidas a los tableros 1 y 2 no están conectadas (se despreciará en este caso la reactiva serie consumida por el transformador).
- d) Calcular Q_{cv} para que también se anule la potencia reactiva consumida por la instalación, cuando la misma está trabajando a la potencia nominal en cada tablero derivado.