

# Instalaciones Eléctricas – Carrera: Ingeniería Eléctrica/Mecánica Examen 09-02-17

## Indicaciones:

- Escribir nombre y CI en todas las hojas.
- Numerar todas las hojas con el formato x/y, siendo “x” el n° de hoja e “y” el n° 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.

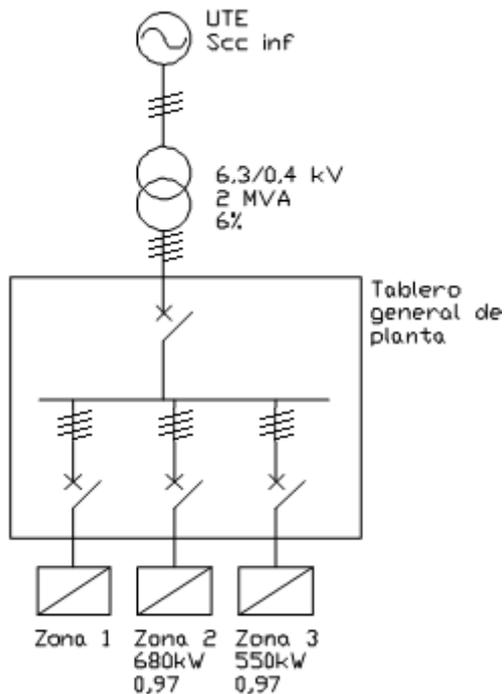
## Condiciones mínimas de aprobación:

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

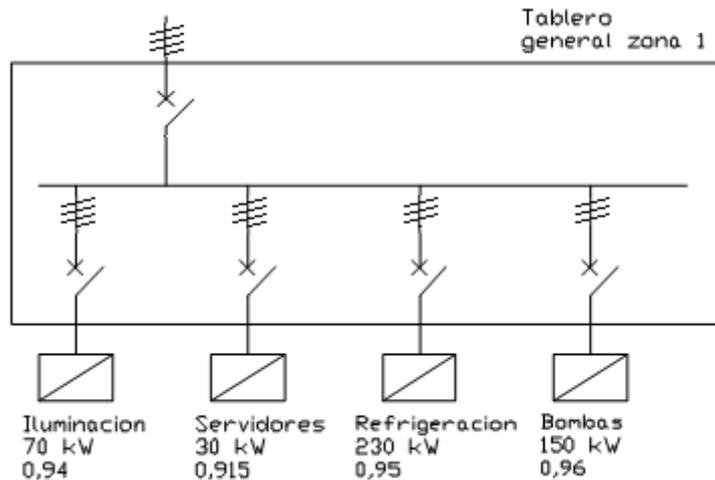
Una planta industrial con suministro en 6,3kV tiene 3 áreas de proceso. Las 3 muy separadas físicamente de la subestación transformadora y del tablero general de BT, por lo que las puestas a tierra, tanto del neutro del transformador como de cada una de las áreas son independientes.

La puesta a tierra del neutro del transformador es de 3 ohm.



En la zona 1 se tienen una distribución en 4 tableros secundarios que alimentan las diferentes cargas de la zona.

La puesta a tierra local de esta zona es de 6 ohm.



El cable que alimenta el tablero general de zona 1 desde el tablero general de la planta tiene las siguientes características:

- Conductor Aluminio, aislación XLPE
- Cables unipolares para fases y tierra
- 3 cables por fase
- Sección 185mm<sup>2</sup>
- Largo 70m
- Conductor de tierra 95mm<sup>2</sup> Cu

Datos:

Resistividad conductores:

- Cu - 0,022 ohm.mm<sup>2</sup>/m
- Al - 0,036 ohm.mm<sup>2</sup>/m

Reactancia conductores Cu y Al: 0,08 ohm/km

Reactancia de Motores: 20%

El criterio de selección de neutros y conductores de tierra es:

- Sección tierra o neutro  $\frac{1}{2}$  de conductor para  $S > 16\text{mm}^2$
- Sección tierra o neutro igual a conductor para  $S \leq 16\text{mm}^2$

- Calcular el cortocircuito máximo en barras del tablero general de la zona 1
- Diseñar cable a tablero secundario de bombas, dentro de la zona 1, por corriente admisible y caída de tensión (circuitos desde tablero a bombas con largo despreciable).
  - Método instalación bandeja perforada (Método F)
  - 1 circuito extra en la canalización

- Temperatura ambiente 35°C
  - Cu, XLPE
  - L=100m
- c) Calcular las condiciones que debe cumplir la protección del alimentador de tablero bombas para la correcta protección del circuito.
- d) Para proteger contra contactos indirectos que elemento(s) agregaría y qué condiciones deberían cumplir.  
Hipótesis:  
-Circuitos desde tablero a bombas con largo despreciable).  
-El área bombas se considera seca.
- e) Se desea agregar 1 motor trifásico alimentado del tablero de bombas, pero el largo del cable proyectado no permite utilizar la sección de cable inicialmente prevista debido a que no se verifica el criterio de caída de tensión acumulada hasta el motor.  
Para salvar el problema, se agrega un banco condensadores en el tablero de bombas, para compensar completamente la reactiva de ese tablero.

El motor agregado es tal que se puede considerar que la potencia activa del tablero de bombas no cambia significativamente.

En esas condiciones, ¿cuál es la caída de tensión máxima (en %) permitida del tablero de bombas hasta el nuevo motor?

### Pregunta 1

La puesta a tierra general de BT en una instalación industrial se conforma de un arreglo de 3 jabalinas alineadas, cada una de 3.0m de longitud, y 1.0 pulgada de diámetro, y separadas entre sí 5.0m. La toma principal de tierra está vinculada directamente a la jabalina del medio.

Se recuerda que la fórmula para el valor de resistencia de puesta a tierra para el caso de una jabalina aislada es:

$$R = \frac{\rho_a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right)$$

La siguiente tabla, muestra los factores de reducción para jabalinas alineadas de 3m de longitud:

#### **Factor de reducción K para jabalinas alineadas**

<b>Longitud de la pica: 3.0m / Diámetro de la pica: 0.0254m</b>			
Espaciamiento	3m	4m	5m
Numero de picas	K	K	K
2	0.571	0.226	0.546
3	0.414	0.396	0.385
4	0.329	0.312	0.3
5	0.276	0.259	0.248
6	0.238	0.222	0.212
7	0.211	0.195	0.185
8	0.189	0.175	0.165

- Detalle el método volt-amperimétrico de medición de puesta a tierra, esquematizando la ubicación de las diferentes picas, y explique cómo se obtiene el valor de la resistencia de PAT.
- Defina resistividad aparente.
- Luego de realizada la medición anterior, se determinó que el valor de la Resistencia de Puesta a Tierra es de  $R = 12.6$  Ohms. Calcule la resistividad aparente.
- Por motivos de diseño de la instalación eléctrica, se plantea la necesidad de realizar una nueva puesta a tierra en forma de malla, enterrada a 1m de profundidad, sobre la cual se conoce la fórmula para estimar su Resistencia de PAT.  
¿Es correcto utilizar el valor de resistividad aparente, hallado en la parte 2, para calcular el valor de resistencia de PAT de la nueva malla? Justifique.

## Pregunta 2

En una planta industrial que tiene un sistema de distribución TT, luego de una inspección de seguridad se hacen las siguientes observaciones en la sala de motores:

- 1) Al tablero eléctrico que alimenta los motores le falta una puerta dejando partes activas accesibles.
  - 2) Varios motores están instalados sin tener su carcasa metálica conectada a tierra.
  - 3) Un tablero eléctrico y un motor están conectados a puestas a tierras independientes, estando simultáneamente accesibles al personal de operación.
- a) Indicar para cada caso si la observación viene dada por una falta de protección contra contactos directos o indirectos. Justifique su respuesta.
- b) El ingeniero encargado de mantenimiento propone agregar una protección diferencial de 30mA como general de tablero de motores para levantar las observaciones, ¿es suficiente esta medida para asegura la protección? Justifique su respuesta para cada una de las observaciones.

## Pregunta 3

- a) Determinar la expresión de la caída de tensión a lo largo de un cable que alimenta una carga trifásica que consume una potencia activa  $P$ , con factor de potencia  $\cos(\varphi)$ . La tensión nominal entre líneas del sistema es  $U_n$  y, a los efectos del desarrollo de la expresión, se modelará el cable como  $(R_{cable} + jX_{cable})$ . Explicitar las hipótesis realizadas durante la deducción de dicha expresión.
- b) Analizar cómo resulta en módulo el valor de la tensión en el extremo del circuito (en comparación con  $U_n$ ) para los siguientes casos:
- i. La carga es puramente resistiva
  - ii. La carga es puramente inductiva
  - iii. La carga es puramente capacitiva
- c) Indicar la expresión anterior en su versión simplificada para cables de sección menor a 25mm<sup>2</sup>,  $\cos(\varphi)$  cercanos a 1 y  $R\cos(\varphi) \gg X\sin(\varphi)$ .
- d) A partir de la expresión mencionada en c), deducir la fórmula para la caída de tensión establecida en el reglamento de UTE:

$$S = \frac{Pl}{\sigma U_n \Delta U}$$

Explicitar las hipótesis realizadas durante la deducción de dicha expresión.

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

Método de Instalación tipo según tabla S2-B2		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		
		mm²	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cobre		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

# Introducción Técnica

Baja Tensión

## A) INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS



TABLA A.52-3:

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									Instalación tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal 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	A 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	C
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	E y F
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	



Cuando los cables vayan dispuestos en varias capas superpuestas, los valores para tales disposiciones deben ser sensiblemente inferiores y han de determinarse por un método adecuado (ver apartado K).

Con el objetivo de ayudar a la hora de aplicar esta tabla o de facilitar factores de corrección de agrupamientos que no se incluyen expresamente en la UNE 20460-5-523 (nov. 2004) recomendamos consultar el apartado K de éste catálogo.

Las tablas 52-E4 y 52-E5 contienen factores de corrección más concretos para diferentes agrupaciones de cables en bandejas, escaleras de cables y similares.

Para agrupamientos de cables enterrados tenemos los siguientes factores:

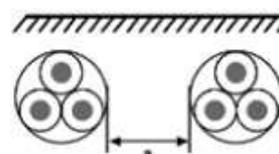
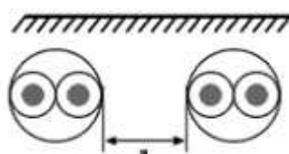
TABLA 52-E2:

FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO DE VARIOS CIRCUITOS, CABLES DIRECTAMENTE ENTERRADOS (MÉTODO D)

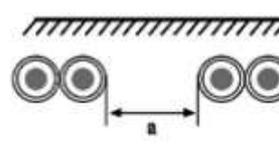
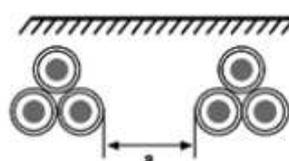
Números de circuitos	Distancia entre conductos (a)				
	Nula (cables en contacto)	Un diámetro de cable	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80



### - Cables multiconductores



### - Cables unipolares



**Tabla 5: Tiempos máximos de seguridad en función de la tensión de contacto y de las condiciones de humedad**

Tensión de contacto (V)	Tiempos máximos (s)	
	Estado seco	Estado mojado
25	$\infty$	$\infty$
50	$\infty$	0,48
75	0,60	0,30
90	0,45	0,25
120	0,34	0,18
150	0,27	0,12
220	0,17	0,05
280	0,12	0,02
350	0,08	-
500	0,04	-

**protección diferencial      tiempos de actuación  
s/IEC 1008**

Tipo	$I_n$ A	$I_{\Delta n}$ A	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500 A	[Seg]
Gral.	Cualq. Valor	Cualq. Valor	0,3	0,15	0,04	0,04	tiempo de func. max.