



RESUMEN DE FIRMAS DEL DOCUMENTO

COLEGIADO1

COLEGIADO2

COLEGIADO3

COLEGIO

COLEGIO

OTROS

OTROS



PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN URBANIZACIÓN DEL P.P. INDUSTRIAL ZG-SG-CT6 CABEZO DE TORRES

CENTROS DE
TRANSFORMACIÓN



Documento visado electrónicamente con número: MU1902719

Situación:

CABEZO DE TORRES - MURCIA

Promotor:

**JUNTA DE COMPENSACIÓN DE LA U.A.
UNICA DE ACTUACION DEL P.P. INDUSTRIAL
SECTOR ZG-SG-CT6**

Autor del Proyecto:



No Colegiado: 492
MAYOR BERNAL, MANUEL

VISADO Nº.: MU1902719
DE FECHA: 21/11/2019

MANUELA MARTÍNEZ BERNAL
INGENIERO INDUSTRIAL

Colegiado nº 492

VISADO

PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN URBANIZACIÓN DEL PLAN PARCIAL INDUSTRIAL SECTOR ZG-SG-CT6 EN CABEZO DE TORRES (MURCIA)

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

**PETICIONARIO: JUNTA DE COMPENSACIÓN DE LA
U.A. ÚNICA DE ACTUACIÓN DEL P.P. INDUSTRIAL
SECTOR ZG-SG-CT6 EN CABEZO DE TORRES**

SITUACIÓN: CABEZO DE TORRES - MURCIA

AUTOR DEL PROYECTO:

MANUEL A. MARTÍNEZ BERNAL

Ingeniero Industrial. Colegiado nº 492



INDICE

1. MEMORIA	4
1.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	4
1.1.1. <i>Reglamentación y disposiciones oficiales</i>	4
1.2. TITULAR.....	5
1.3. EMPLAZAMIENTO	6
1.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	6
1.5. PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA	6
1.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	15
1.6.1. <i>Obra civil</i>	15
1.6.2. <i>Instalación eléctrica</i>	18
1.6.3. <i>Medida de la energía eléctrica</i>	24
1.6.4. <i>Puesta a tierra</i>	24
1.6.5. <i>Relés de protección, automatismos, y control</i>	25
1.6.6. <i>Instalaciones secundarias</i>	25
2. CALCULOS	27
2.1. INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN	27
2.2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN	27
2.3. CORTOCIRCUITOS.....	28
2.3.1. <i>Observaciones</i>	28
2.3.2. <i>Cálculo de las corrientes de cortocircuito</i>	28
2.3.3. <i>Cortocircuito en el lado de Alta Tensión</i>	29
2.3.4. <i>Cortocircuito en el lado de Baja Tensión</i>	29
2.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO	29
2.4.1. <i>Comprobación por densidad de corriente</i>	30
2.4.2. <i>Comprobación por sollicitación electrodinámica</i>	30
2.4.3. <i>Comprobación por sollicitación térmica</i>	30
2.5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN	31
2.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	32
2.7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.....	32
2.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.....	32
2.8.1. <i>Investigación de las características del suelo</i>	32
2.8.2. <i>Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto</i>	33
2.8.3. <i>Diseño preliminar de la instalación de tierra</i>	33
2.8.4. <i>Cálculo de la resistencia del sistema de tierra</i>	33
2.8.5. <i>Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación</i>	36
2.8.6. <i>Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación</i>	36
2.8.7. <i>Cálculo de las tensiones aplicadas</i>	37
2.8.8. <i>Investigación de las tensiones transferibles al exterior</i>	38
2.8.9. <i>Corrección y ajuste del diseño inicial</i>	38
3. PLIEGO DE CONDICIONES.....	40
3.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES.....	41
3.1.1. <i>Obra civil</i>	41
3.1.2. <i>Aparamenta de Alta Tensión</i>	41
3.1.3. <i>Transformadores</i>	41
3.1.4. <i>Equipos de medida</i>	42
3.2. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	42
3.3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS	42
3.4. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD	43
3.5. CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN.....	44
3.6. LIBRO DE ÓRDENES	45
4. PLANOS.....	46



5. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD	48
5.1. OBJETO	49
5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.....	49
5.2.2. <i>Suministro de energía eléctrica</i>	49
5.2.3. <i>Suministro de agua potable</i>	49
5.2.4. <i>Servicios higiénicos</i>	49
5.2.5. <i>Interferencias y servicios afectados</i>	50
5.3.- MEMORIA.....	50
5.3.1. <i>Obra civil</i>	50
5.3.2. <i>Montaje</i>	53
5.4. ASPECTOS GENERALES.....	55
5.4.1. <i>Botiquín de obra</i>	56
5.5. NORMATIVA APLICABLE	56
5.5.1. <i>Normas oficiales</i>	56
6. PRESUPUESTOS.....	57

1. MEMORIA

1.1. Objeto del proyecto

Para el suministro eléctrico a las distintas parcelas industriales de la urbanización, se ha previsto el supuesto de que en las grandes parcelas el 50% del suministro eléctrico se relajara en baja tensión y el otro 50 % será suministrado en Media Tensión con C.T de abonado.

Por tanto este proyecto de C.T. será para los distintos suministros en baja tensión de las parcelas.

Este proyecto tiene por objeto por tanto definir las características un centro de seccionamiento y de quince (15) Centros de Transformación, MT/BT (dos de ellos serán de seccionamiento y reparto)previstos instalar en el Plan Parcial Industrial Sector ZG-SG-CT6, Cabezo de Torres (Murcia), destinados al suministro de energía eléctrica en baja tensión a las distintas parcelas industriales y justificar y valorar los materiales empleados en los mismos.

1.1.1. Reglamentación y disposiciones oficiales

Normas generales:

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (R.D. 3275/1982, BOE 1-12-82).

Instrucciones Técnicas Complementarias MIE - RAT (BOE 25-10-84)

Reglamento Técnico de líneas Aéreas de alta Tensión, aprobado por Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero de 2.008.

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D. 842/2.002, BOE 18-09-02).

Instrucciones Técnicas Complementarias MI-BT del R.D. 842/2002 del R.E.B.T.

Autorización de Instalaciones Eléctricas (R.D. 2617/1966, BOE 24-10-1966).

- R.D. 1955/2000 de 1 de Diciembre por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Ley 54/1997 de 27 de Noviembre, de regulación del Sector Eléctrico (B.O.E. de 27 de Noviembre de 1.977)

Expropiación Forzosa y Servidumbre de Paso en Instalaciones de Energía Eléctrica (Ley 10/66, BOE 19-3-1966).

Evaluación y obligatoriedad de Estudio sobre impacto ambiental (R.D. 1302/86, BOE 23-6-1986).

Reglamento para la Ejecución del Real Decreto Ley 1302/86 (R.D. 1131/88, BOE 5-10-1988).

Resolución de 4 de Noviembre de 2.002 de la Dirección General de Industria Energía y Minas por la que se desarrolla la orden de 9 de septiembre de 2.002 de la Consejería de Ciencia Tecnología y Comercio, por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes, en materia de Industria, Energía y Minas.

Normas particulares de la Compañía Suministradora de energía eléctrica.

Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

Todas las normas UNE de obligado cumplimiento.

Normas y recomendaciones de diseño de la aparamenta eléctrica:

**UNE-EN 60129
UNE-EN 60265-1
UNE-EN 60298
UNE-EN 60056
UNE-EN 60420
UNE-EN 60694
RU 6407 B
UNE-EN 61330
RU 1303A
UNE 20 101
UNE 21 428
RU 5201D**

1.2. Titular

Los distintos Centros de Transformación los promueve **JUNTA DE COMPENSACIÓN DE LA U.A. ÚNICA DE ACTUACIÓN DEL P.P. INDUSTRIAL SECTOR ZG-SG-CT6 EN CABEZO DE TORRES**, con domicilio social en Avda. Alto de Las Atalayas, 231, Cabezo de Torres (Murcia) C.I.F. V-73620841. No obstante una vez que los Centros de Transformación se ejecuten serán cedidos a la Compañía suministradora IBERDROLA, S.A. de acuerdo a la normativa vigente.

Por tanto

El usuario inicial de la instalación es **JUNTA DE COMPENSACIÓN DE LA U.A. ÚNICA DE ACTUACIÓN DEL P.P. INDUSTRIAL SECTOR ZG-SG-CT6**

EN CABEZO DE TORRES, con domicilio social en Avda. Alto de Las Atalayas, 231, Cabezo de Torres (Murcia) C.I.F. V-73620841.

El usuario final de la instalación es IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U., con nº de C.I.F. A-95.075.578

1.3. Emplazamiento

Los centros de transformación se encuentran ubicados en el Plan Parcial Industrial Sector ZG-SG-CT6, Cabezo de Torres (Murcia), tal como se indica en los planos del proyecto.

1.4. Características generales del Centro de Transformación

Los Centros objeto de este proyecto son de Compañía, y tiene por lo tanto la función de suministrar energía sin medición de la misma en Baja Tensión.

La energía será suministrada por la compañía Iberdrola a la tensión de 20 kV trifásica y frecuencia de 50 Hz, siendo la acometida a las celdas por medio de cables subterráneos.

Los tipos generales de celdas empleados en este proyecto son:

CGC: Celdas compactas de 3 funciones, con aislamiento y corte en SF6, opcionalmente extensibles in situ a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

1.5. Programa de necesidades y potencia instalada en KVA

Se precisa el suministro de energía a una tensión de 380 V, con una potencia máxima de acuerdo con lo siguiente:

C.T. 1 DE 1 X 630 KVA

Alimenta a parte de la parcela P17 (el 80%)
Edificabilidad de la parcela P17 = 18.598,67 m²
Suministro en B.T. el 50%
Suministro en MT el 50% con C.T. de abonado
Previsión de potencia 0,125 w/m²
Luego potencia prevista en B.T.

$$18.598,67 \text{ m}^2 \times 0,5 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 1.162 \text{ Kw}$$

Suministro para el C.T. nº 1 el 80% de la parcela P17

Luego potencia prevista para C.T. nº 1

$$\text{Potencia} = 1.162 \text{ Kw} \times 0,8 = 926,60 \text{ Kw parcela}$$

Potencia contenedores soterrados: 2x4 kW.

Coefficiente de simultaneidad =	0,5
Potencia simultánea parcelas =	463,30 kW
Potencia contenedores soterrados =	8,00 kW
Coseno $\phi = 0,9$	
Potencia trafo = 471,30 Kw / 0,9 =	523,66 KVA

Transformador Elegido: 1 x 630 KVA

C.T. 2 DE 1 X 630 KVA

Alimenta a parte de la parcela P16 (42,86%)
Edificabilidad de la parcela P16 = 34650,00 m²
Suministro en B.T. el 50%
Suministro en MT el 50% con C.T. de abonado
Previsión de potencia 0,125 w/m²
Luego potencia prevista en B.T.

Potencia: 34.650 m² x 0,5 x 0,125 Kw/m² x 0,4286 = 928 Kw

Luego potencia prevista para C.T. n^o2
Potencia = 928 Kw parcela
Potencia contenedores soterrados: 2x4 kW.
Potencia cuadro alumbrado público: 10,392 kW.

Coefficiente de simultaneidad:	0,5
Potencia simultánea parcelas:	464 Kw
Potencia contenedores soterrados:	2x4 kW.
Potencia cuadro alumbrado público:	10,392 kW.

Coseno $\phi = 0,9$
Potencia trafo = 482,392 Kw / 0,9 = 536 KVA

Transformador Elegido: 1 x 630 KVA

C.T. 3 DE 1 X 630 KVA

Alimenta a:

1.-parte de la parcela P16 (14,28%)
Edificabilidad de la parcela P16 = 34650,00 m²
Suministro en B.T. el 50%
Suministro en MT el 50% con C.T. de abonado
Previsión de potencia 0,125 w/m²
Luego potencia prevista en B.T.

34.650 m² x 0,5 x 0,125 Kw/m² x 0,1428 = 310 Kw

2.- La totalidad de la parcela P13
Edificabilidad de la parcela P13 = 6.071,43 m²
Suministro en B.T. toda la parcela es decir el 100%
Previsión de potencia 0,125 w/m²
Luego potencia prevista en B.T.

$$6.071,43 \text{ m}^2 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 759 \text{ Kw}$$

Luego potencia prevista para C.T. nº 3

Potencia parte parcela P16.... 310 Kw
Potencia total parcela P13.....759

Potencia parcelas.....1.069 kW

Coficiente de simultaneidad:	0,5
Potencia simultánea parcelas:	534,5 Kw
Coseno $\phi = 0,9$	
Potencia trafo = 534,50 Kw / 0,9 =	594 KVA

Transformador Elegido: 1 x 630 KVA

C.T. 4 DE 1 X 630 KVA

Alimenta a parte de la parcela P16 (42,86%)
Edificabilidad de la parcela P16 = 34650,00 m²
Suministro en B.T. el 50%
Suministro en MT el 50% con C.T. de abonado
Previsión de potencia 0,125 w/m²
Luego potencia prevista en B.T.

$$34.650 \text{ m}^2 \times 0,5 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 \times 0,4286 = 928 \text{ Kw}$$

Luego potencia prevista para C.T. nº 4

Potencia parte parcela = 928 Kw

Coficiente de simultaneidad =	0,5
Potencia simultánea =	464 Kw
Coseno $\phi = 0,9$	
Potencia trafo = 464 Kw / 0,9 =	516 KVA

Transformador Elegido: 1 x 630 KVA

C.T. 5 DE 1 X 630 KVA

Alimenta a parte de la parcela P14 (el 50%)
Edificabilidad de la parcela P14 = 30.445,22 m²
Suministro en B.T. el 50%
Suministro en MT el 50% con C.T. de abonado
Previsión de potencia 0,125 w/m²
Luego potencia prevista en B.T.

$$30.445,22 \text{ m}^2 \times 0,5 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 1.903 \text{ Kw}$$

Suministro para el C.T. nº 5 el 50% de la parcela P14

Luego potencia prevista por C.T. nº 5 para la baja tensión

Potencia parcela= 1.903 Kw x 0,5 = 951,50 Kw
Potencia contenedores soterrados: 1x4 kW.

Coeficiente de simultaneidad =	0,5
Potencia simultánea parcelas:	475,75 Kw
Potencia contenedores soterrados:	1x4 kW.

Coseno $\phi = 0,9$
Potencia trafo = 479,75 Kw / 0,9 = 533 KVA

Transformador Elegido: 1 x 630 KVA

C.T. 6 DE 1 X 630 KVA

Alimenta a parte de la parcela P14 (el 50%)
Edificabilidad de la parcela P14 = 30.445,22 m²
Suministro en B.T. el 50%
Suministro en MT el 50% con C.T. de abonado
Previsión de potencia 0,125 w/m²
Luego potencia prevista en B.T.

$$30.445,22 \text{ m}^2 \times 0,5 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 1.903 \text{ Kw}$$

Suministro para el C.T. nº 6 el 50% de la parcela P14
Luego potencia prevista por C.T. nº 6 para la baja tensión

Potencia parcela = 1.903 Kw x 0,5 = 951,50 Kw
Potencia cuadro alumbrado público: 10,392 kW.

Coeficiente de simultaneidad =	0,5
Potencia simultánea parcelas:	475,75 Kw
Potencia cuadro alumbrado público:	10,392 kW.

Coseno $\phi = 0,9$

Potencia trafo = $486,142 \text{ Kw} / 0,9 = 540 \text{ KVA}$

Transformador Elegido: 1 x 630 KVA

C.T. 7 DE 1 X 400 KVA

Alimenta a parte de la parcela P17 (el 20%) y la parcela P22 (100%)
 Edificabilidad de la parcela P17 = $18.598,67 \text{ m}^2$
 Edificabilidad de la parcela P22 = $6.995,04 \text{ m}^2$
 Suministro en B.T. para ambas parcelas el 50%
 Suministro en M.T. para ambas parcelas con C.T. de abonado el 50%
 Previsión de potencia $0,125 \text{ w/m}^2$
 Luego potencia prevista en B.T.

$6.995,04 \text{ m}^2 \times 0,5 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 437 \text{ Kw}$
 $18.598,67 \text{ m}^2 \times 0,5 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 1.162 \text{ Kw}$

Suministro para el C.T. nº 7 el 20% de la parcela P17
 Suministro para el C.T. nº 7 el 100% de la parcela P22

Luego potencia prevista por C.T. nº 7

De P17	$1.162 \text{ Kw} \times 0,2 = 232,40 \text{ Kw}$
De P22	$437 \text{ Kw} \times 1,00 = 437,00 \text{ Kw}$

TOTAL:	669,40 Kw

Potencia parcela: 669,40 Kw
 Potencia contenedores soterrados: 1x4 kW.

Coeficiente de simultaneidad = 0,5

Potencia simultánea parcelas: 334,70 Kw
 Potencia contenedores soterrados: 1x4 kW.

Coseno $\phi = 0,9$
 Potencia trafo = $338,70 \text{ Kw} / 0,9 = 376 \text{ KVA}$

Transformador Elegido: 1 x 400 KVA

C.T. 8 DE 1 X 400 KVA

Alimenta a la parcela P11 al 100%
 Edificabilidad de la parcela P11 = $4.213,26 \text{ m}^2$
 Suministro en B.T. el 100%
 Previsión de potencia $0,125 \text{ w/m}^2$
 Luego potencia prevista en B.T.

$$4.213,26 \text{ m}^2 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 526 \text{ Kw}$$

Luego potencia prevista por C.T. nº 8

Potencia parcela (100%): 526,00 Kw
Potencia contenedores soterrados: 3x4 kW.

Coeficiente de simultaneidad = 0,5

Potencia simultánea parcelas: 263,00 Kw
Potencia contenedores soterrados: 3x4 kW.

Coseno $\phi = 0,9$

Potencia trafo = $275 \text{ Kw} / 0,9 = 305,55 \text{ KVA}$

Transformador Elegido: 1 x 400 KVA

C.T. 9 DE 1 X 400 KVA

Alimenta a la parcela P12 al 100 %
Edificabilidad de la parcela P12 = $4.532,90 \text{ m}^2$
Suministro en B.T. el 100%
Previsión de potencia $0,125 \text{ w/m}^2$
Luego potencia prevista en B.T.

$$4.532,90 \text{ m}^2 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 566 \text{ Kw}$$

Luego potencia prevista por C.T. nº 9

Potencia parcela: 566 Kw

Al 100% de la parcela = 566 Kw
Coeficiente de simultaneidad = 0,5
Potencia simultánea = 283 Kw
Coseno $\phi = 0,9$
Potencia trafo = $283,00 \text{ Kw} / 0,9 = 315 \text{ KVA}$

Transformador Elegido: 1 x 400 KVA

C.T. 10 DE 1 X 400 KVA

Alimenta a la parcela P8 al 100%
Edificabilidad de la parcela P8 = $4.189,34 \text{ m}^2$
Suministro en B.T. el 100%
Previsión de potencia $0,125 \text{ w/m}^2$
Luego potencia prevista en B.T.

$$4.189,34 \text{ m}^2 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 524 \text{ Kw}$$

Luego potencia prevista por C.T. nº 8

Potencia parcela: 524 Kw

Potencia contenedores soterrados: 1x4 kW.

Coeficiente de simultaneidad = 0,5

Potencia simultánea parcelas: 262,00 Kw

Potencia contenedores soterrados: 1x4 kW.

Coseno $\phi = 0,9$

Potencia trafo = $266,00 \text{ Kw} / 0,9 = 295 \text{ KVA}$

Transformador Elegido: 1 x 400 KVA

C.T. 11 DE 1 X 630 KVA

Alimenta a la parcela P6

Edificabilidad de la parcela P6 = $14.742,43 \text{ m}^2$

Suministro en B.T. el 50%

Suministro en M.T. el 50% con C.T. de abonado

Previsión de potencia $0,125 \text{ w/m}^2$

Luego potencia prevista en B.T.

$$14.742,43 \text{ m}^2 \times 0,50 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 921 \text{ Kw}$$

Luego potencia prevista por C.T. nº 11

Potencia parcela : 921,00 Kw

Potencia contenedores soterrados: 1x4 kW.

Coeficiente de simultaneidad = 0,5

Potencia simultánea parcelas: 461,00 Kw

Potencia contenedores soterrados: 1x4 kW.

Coseno $\phi = 0,9$

Potencia trafo = $465,00 \text{ Kw} / 0,9 = 517 \text{ KVA}$

Transformador Elegido: 1 x 630 KVA

C.T. 12 DE 1 X 630 KVA

Alimenta a la parcela P2

Edificabilidad de la parcela P17 = 15.042,50 m²
 Suministro en B.T. el 50%
 Suministro en M.T. el 50% con C.T. de abonado
 Previsión de potencia 0,125 w/m²
 Luego potencia prevista en B.T.

$$15.042,50 \text{ m}^2 \times 0,5 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 940 \text{ Kw}$$

Luego potencia prevista por C.T. nº 12
 Potencia parcela : 940,00 Kw
 Potencia contenedores soterrados: 1x4 kW.
 Potencia bombeo: 30 kW.

Coeficiente de simultaneidad =	0,5
Potencia simultánea parcelas:	470,00 Kw
Potencia contenedores soterrados:	1x4 kW.
Potencia bombeo:	30 kW.

Coseno $\phi = 0,9$
 Potencia trafo = 504,00 Kw / 0,9 = 560 KVA

Transformador Elegido: 1 x 630 KVA

C.T. 13 DE 1 X 400 KVA

Alimenta a las parcelas P3 y P4 Equipamiento colectivo
 Suministro en B.T. el 100%
 Previsión de potencia 300 Kw por equipamiento

Al 100% de las parcelas = 600 Kw

Coeficiente de simultaneidad =	0,50
Potencia simultánea parcelas:	300 Kw
Potencia contenedores soterrados:	4x4 kW.
Potencia riego:	1,5 kW.
Potencia TQT:	5,0 kW.
Potencia cuadro alumbrado público:	13,856 kW.

Coseno $\phi = 0,9$
 Potencia trafo = 337 Kw / 0,9 = 374 KVA

Transformador Elegido: 1 x 400 KVA

C.T. 14 DE 1 X 630 KVA

Alimenta a la parcela P5
 Edificabilidad de la parcela P5 = 16.130,75 m²
 Suministro en B.T. el 50%
 Suministro en M.T. el 50% con C.T. de abonado
 Previsión de potencia 0,125 w/m²
 Luego potencia prevista en B.T.

$$16.130,75 \text{ m}^2 \times 0,5 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 1.008,00 \text{ Kw}$$

Luego potencia prevista por C.T. nº 14

Potencia parcela:	1.008,00 Kw
Potencia contenedores soterrados:	2x4 kW.
Coeficiente de simultaneidad =	0,5
Potencia simultánea parcela:	504,00 Kw
Potencia contenedores soterrados:	2x4 kW.
Coseno $\phi = 0,9$	
Potencia trafo = 512,00 Kw / 0,9 =	569 KVA

Transformador Elegido: 1 x 630 KVA

C.T. 15 DE 1 X 400 KVA

Alimenta a la parcela P7
 Edificabilidad de la parcela P7 = 4.213,76 m²
 Todo el suministro en B.T. el 100%
 Previsión de potencia 0,125 w/m²
 Luego potencia prevista en B.T.

$$4.213,76 \text{ m}^2 \times 0,125 \text{ Kw/m}^2 = 526,00 \text{ Kw}$$

Luego potencia prevista por C.T. nº 15

Potencia parcela:	526,00 Kw
Potencia contenedores soterrados:	1x4 kW.
Potencia bombeo:	26 kW.
Al 100% de la parcela =	526,00 Kw
Coeficiente de simultaneidad =	0,5
Potencia simultánea parcelas:	263,00 Kw
Potencia contenedores soterrados:	1x4 kW.
Potencia bombeo:	26 kW.

Coseno $\phi = 0,9$

Potencia trafo = $293,00 \text{ Kw} / 0,9 = 326 \text{ KVA}$

Transformador Elegido: 1 x 400 KVA

1.6. Descripción de la instalación

1.6.1. Obra civil

1.6.1.1. Local

Los Centros de Transformación objeto de este proyecto constan únicamente de una envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica y demás equipos eléctricos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han observado todas las normativas antes indicadas, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc.

Se han previsto los siguientes transformadores (obra civil):

TODOS C.T. PFU-5

1.6.1.2. Características de los materiales

Edificio de transformación: PFU

Los edificios prefabricados de hormigón PFU están formados por las siguientes piezas principales: una que aglutina la base y las paredes, otra que forma la solera, y una tercera que forma el techo. Adicionalmente, se incorporan otras pequeñas piezas para constituir un Centro de Transformación de superficie y maniobra interior (tipo caseta), estando la estanqueidad garantizada por el empleo de juntas de goma esponjosa entre ambas piezas principales exteriores.

Estas piezas son construidas en hormigón, con una resistencia característica de 300 kg/cm^2 , y tienen una armadura metálica, estando unidas entre sí mediante latiguillos de cobre, y a un colector de tierras, formando de esta

manera una superficie equipotencial que envuelve completamente al Centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kohm respecto de la tierra de la envolvente.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el certificado de Calidad Unesa de acuerdo a la Recomendación Unesa 1303A.

Cimentación

Para la ubicación de los Centros de Transformación PFU es necesaria una excavación, cuyas dimensiones dependen del modelo seleccionado, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de unos 10 cm de espesor.

Solera, pavimento y cerramientos exteriores

Todos estos elementos están fabricados en una sola pieza de hormigón, tal y como se ha indicado anteriormente. Sobre la placa base, y a una altura de unos 400 mm, se sitúa la solera, que se apoya en algunos apoyos sobre la placa base, y en el interior de las paredes, permitiendo este espacio el paso de cables de MT y BT, a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

En el hueco para transformador, se dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los agujeros para los cables de MT y BT. Estos agujeros están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos agujeros semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, puertas de transformador y rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso de peatones tienen unas dimensiones de 900 x 2100 mm, mientras que las de los transformadores tienen unas dimensiones de 1250 x 2100 mm (1250 x 2400 mm en el caso de Centros de 36 kV). Ambos tipos de puertas pueden abrirse 180°.

Las puertas de acceso de peatón disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento: evitar aperturas intempestivas de las mismas y la violación del Centro de Transformación. Para ello se utiliza una

cerradura de diseño ORMAZABAL, y las puertas tienen dos puntos de anclaje: en la parte superior y en la parte inferior.

Las rejillas de ventilación de cada transformador se sitúan en la parte inferior de la puerta de acceso al mismo, y en la parte superior tras el transformador. Estas rejillas tienen un área de 1200 x 677 mm². Para los transformadores de potencia superior a los 630 kVA, se añaden en la pared lateral junto al transformador 4 rejillas de 800 x 677 mm² cada una. Todas estas rejillas están formadas por lamas en forma de “V” invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación, e interiormente se complementa cada rejilla con una rejilla mosquitera.

Cubiertas

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón, con inserciones en la parte superior para su manipulación.

Pinturas

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica, de color blanco-crema y textura rugosa en las paredes, y marrón en el perímetro de las cubiertas o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Varios

Los índices de protección presentados por estos edificios son:

Centro: IP 23
Rejillas: IP 33

Las sobrecargas admisibles en los PFU son:

Sobrecarga de nieve: 250 kg/m²
Sobrecarga del viento: 100 kg/m² (144 km/h)
Sobrecarga en el piso: 400 kg/m²

Las temperaturas de funcionamiento, hasta una humedad del 100% son:

Mínima transitoria: -15 °C
Máxima transitoria: +50 °C
Máxima media diaria: +35 °C

Características detalladas	PFU-4	PFU-5
Nº de transformadores:	2	4
Puertas de acceso peatón:	1	1
Tensión nominal:	24 Kv	24 Kv
Dimensiones exteriores		

Longitud:	4.460	6.080
Fondo:	2.380	2.380
Altura:	3.240	3.240
Altura vista:	2.780	2.780
Peso:	12.000	17.000

Dimensiones interiores

Longitud:	4280	5900
Fondo:	2200	2200
Altura:	2550	2550

Dimensiones de la excavación

Longitud:	5260	6880
Fondo:	3180	3180
Profundidad:	560	560

1.6.2. Instalación eléctrica

1.6.2.1. Características de la red de alimentación

La red que alimenta los Centros de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según lista 2 (MIE-RAT 12), y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 500 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 14.4 kA eficaces.

1.6.2.2. Características de la aparamenta de Alta Tensión.

Características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación:

Celdas CGM

El sistema CGM está formado por un conjunto de celdas modulares de Media Tensión, con aislamiento y corte en SF6, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos patentados por ORMAZABAL y denominados "conjunto de unión", consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, ...).

Las partes que componen estas celdas son:

Base y frente

La altura y diseño de esta base permite el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso, y presenta el mímico unifilar del circuito principal y ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación. Igualmente, la altura de esta base facilita la conexión de los cables frontales de acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos a los accionamientos del mando, y en la parte inferior se encuentran la toma para las lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

Cuba

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas SF6 se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bares (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la aparamenta del Centro de Transformación.

Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra

El interruptor disponible en el sistema CGM tiene tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra (salvo para el interruptor de la celda CMIP).

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

Mando

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

Fusibles (Celda CMP-F)

En las celdas CMP-F de protección mediante fusibles, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se produce por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleva, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de estos.

Conexión de cables

La conexión de cables se realiza por la parte frontal, mediante unos pasatapas estándar.

Enclavamientos

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM pretenden que:

No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.

No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

Características eléctricas

Las características generales de las celdas CGM son las siguientes:

Tensión nominal [kV]	12	24	36
----------------------	----	----	----

Nivel de aislamiento

Frecuencia industrial (1 min)			
a tierra y entre fases [kV]	28	50	70
a la dist. de seccionamiento [kV]	32	60	80
Impulso tipo rayo			
a tierra y entre fases [kV]	75	125	170
a la dist. de seccionamiento [kV]	85	145	195

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

1.6.2.3. Características de la apartamentada de Baja Tensión

Elementos de salida en Baja Tensión:

Cuadros de Baja Tensión tipo UNESA, que tienen como misión la separación en distintas ramas de salida, por medio de fusibles, de la intensidad de secundaria de los transformadores.

1.6.2.4. Características descriptivas de las celdas y transformadores de Alta Tensión

Todos los transformadores objeto del proyecto tendrán las siguientes celdas de Alta Tensión:

Entrada/Salida: CGM-CML Interruptor – secc.

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formado por un módulo de $V_n = 24$ kv e $I_n = 400$ A y 370 mm de ancho por 850 mm de fondo pro 1800 mm de alto y 140 Kg de peso.

La celda CML de interruptor – seccionador, o celda de línea, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF6, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionado rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables e acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables.

Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

Otras características constructivas:

Capacidad de ruptura:	400 A
Intensidad de cortocircuito:	16 kA/40 kA
Capacidad de cierre:	40 kA
Mando interruptor:	manual tipo B
Cajón de control:	no

Protección trafo: CGM-CMP-F Protección fusibles

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de $V_n = 24$ kv e $I_n = 400$ A (200 A en la salida inferior) y 480 mm de ancho por 850 mm de fondo pro 1800 mm de alto y 215 Kg de peso.

La celda CMP-F de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF6, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en

serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

Otras características constructivas:

Capacidad de ruptura:	400 A
Intensidad de cortocircuito:	16 kA/40 kA
Capacidad de cierre:	40 kA

3 x 63 A para 630 KVA y 3 x 40 A para 400 KVA

no

Mando interruptor: manual tipo BR

Transformador

Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en el apartado 1.1.1., con neutro accesible en el secundario, de potencia 630/400 KVA y refrigeración natural Aceite, de tensión primaria 20 KV y tensión secundaria 420 V.

Otras características constructivas:5%

Regulación en el primario:	$\pm 2,5, \pm 5\%$
Tensión de cortocircuito (Ecc):	4%
Grupo de conexión:	Dyn11
Protección incorporada al trafo:	Termómetro

1.6.2.5.- Características descriptivas de los cuadros de Baja Tensión

Cuadros B.T. 400 V

La estructura del cuadro de BT de ORMAZABAL está compuesta por un bastidor de chapa blanca, en el que se distinguen las siguientes zonas:

* Zona de acometida, medida y de equipos auxiliares

En la parte superior del módulo AC-5 existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar, evitando la penetración de agua al interior. Dentro de este compartimento, existen cuatro pletinas deslizantes que hacen la función de seccionador.

El acceso a este compartimento es por medio de una puerta abisagrada en dos puntos. Sobre ella se montan los elementos normalizados por la compañía suministradora.

Zona de salidas

Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida, que son 5. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima m s adelante citada, dispuestos en bases trifásicas pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

Características constructivas

Anchura:	580 mm
Altura:	1690 mm
Fondo:	290 mm

Características eléctricas

Tensión nominal:	440 V
Int. nominal embarrados:	1600 A

Aisl. a frec. ind. (1 min)

entre fases y a tierra:	8 kV
entre fases:	2,5 kV

Aisl. a onda de choque entre fases y a tierra: 20 kV

Dado que son necesarias mas salidas de este tipo, se incluye también un cuadro AM-5 de ampliación, con las mismas características eléctricas que el módulo AC-5, y misma anchura y fondo que ese cuadro, pero una altura de sólo 1190 mm, ya que no incluye el compartimento superior.

Otras características

Int. nom. salidas: 400 A

1.6.2.6. Características del material vario de AT y BT

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

Interconexiones de Alta Tensión:

Puentes A.T. todos los trafos

Cables AT 12/20 kV del tipo DHV, unipolares, con conductores de sección y material 1 x 50 Al, y terminaciones ELASTIMOLD de 24 kV del tipo enchufable y modelo K-158-LR.

Interconexiones de Baja Tensión:

Puentes B.T. 380 V - trafa 400 KVA

Juego de puentes de cables de Baja Tensión, de sección y material 1x240 Al (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase+2xneutro.

Puentes B.T. 380 V - trafa 630 KVA

Juego de puentes de cables de Baja Tensión, de sección y material 1x240 Al (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase+2xneutro.

Defensas de transformadores

Defensa trafa

Rejilla metálica para defensa de transformador.

Equipos de iluminación

Ilum. Centro Transformación

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en las celdas de A.T.

1.6.3. Medida de la energía eléctrica

Al tratarse de un Centro de distribución pública, no se efectúa medida de energía en Media Tensión.

1.6.4. Puesta a tierra

1.6.4.1. Tierra de protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales, de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación, se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de Baja Tensión, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si este es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del Centro, si son accesibles desde el exterior.

1.6.4.2. Tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en Baja Tensión, debido a faltas en la red de Alta Tensión, el neutro del sistema de Baja Tensión se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de Alta Tensión, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado (0,6/1 kV).

1.6.5. Relés de protección, automatismos, y control

Este proyecto no incorpora automatismos ni relés de protección.

1.6.6. Instalaciones secundarias

- Alumbrado

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la Alta Tensión.

El interruptor, accionará los puntos de luz necesarios para la suficiente y uniforme iluminación de todo el recinto del Centro.

- Protección contra incendios

Si va a existir personal itinerante de mantenimiento por parte de la compañía suministradora, no se exige que en el Centro de Transformación haya un extintor. En caso contrario, se incluirá un extintor de eficacia 89B.

- Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1. No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si estas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe interesar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
2. Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en SF6, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma de pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.
3. Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.
4. Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.
5. El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de Media y Baja Tensión. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

Murcia, Junio de 2018
EL INGENIERO INDUSTRIAL

Fdo.: MANUEL A. MARTÍNEZ BERNAL

Colegiado nº 492



2. CALCULOS

2.1. Intensidad de Alta Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{1,72 \times V_p} \quad (2.1.a)$$

donde

P = potencia del transformador en kVA

V_p = tensión primaria en kV

I_p = intensidad primaria en A

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

Para los transformadores de los Centros de Transformación, cuya potencia sea de 400 kVA.

$$I_p = 11,50 \text{ A}$$

Para los transformadores de los Centros de Transformación, cuya potencia sea de 630 kVA.

$$I_p = 18,11 \text{ A}$$

2.2. Intensidad en Baja Tensión

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{1,72 \times V_s} \quad (2.2.a)$$

donde

P = potencia del transformador en kVA

V_s = tensión secundaria en kV

I_s = intensidad secundaria en A

Para los transformadores de los Centros de Transformación, cuya potencia sea de 400 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V.

La intensidad en las salidas de 380 V puede alcanzar el valor:

$$I_s = 550 \text{ A}$$

Para los transformadores de los Centros de Transformación, cuya potencia sea de 630 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V.

La intensidad en las salidas de 380 V puede alcanzar el valor:

$$I_s = 866 \text{ A}$$

2.3. Cortocircuitos

2.3.1. Observaciones

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de Media Tensión, valor especificado por la Compañía suministradora.

2.3.2. Cálculo de las corrientes de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{1.72 \times V_p} \quad (2.3.2.a)$$

donde

S_{cc} = potencia de cortocircuito de la red en MVA

V_p = tensión de servicio en kV

I_{ccp} = corriente de cortocircuito en kA

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito secundaria de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$100 \times P$$

$$I_{ccs} = \frac{P}{1.72 \times E_{cc} \times V_s} \quad (2.3.2.b)$$

donde

P = potencia del transformador en kVA

E_{cc} = tensión de cortocircuito del transformador en %

V_s = tensión secundaria en V

I_{ccs} = corriente de cortocircuito en kA

2.3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en la que la potencia de cortocircuito es de 500 MVA, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 26,18 \text{ kA}$$

2.3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Para los transformadores de los Centros de Transformación, cuya potencia sea de 400 kVA, la tensión porcentual de cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 380 V.

La intensidad de cortocircuito en el lado de Baja Tensión con 420 V será, según la fórmula 2.3.2.b:

$$I_{ccs} = 13.746,41 \text{ A}$$

Para los transformadores de los Centros de Transformación, cuya potencia sea de 630 kVA, la tensión porcentual de cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 380 V.

La intensidad de cortocircuito en el lado de Baja Tensión con 420 V será, según la fórmula 2.3.2.b:

$$I_{ccs} = 21.650,59 \text{ A}$$

2.4. Dimensionado del embarrado

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es

necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de las celdas.

2.4.1. Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material del embarrado. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

Para las celdas del sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 93101901 realizado por los laboratorios ORMAZABAL (Laboratorio de alta tensión I + D) de Bizkaia (España).

Para las celdas del sistema CGC la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 98471-1 realizado por los laboratorios LBEIN de Bizkaia (España).

2.4.2. Comprobación por solicitud electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.3. de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc}(din) = 36.1 \text{ kA}$$

Para las celdas del sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 642/93 realizado por los laboratorios KEMA de Holanda.

Para las celdas del sistema CGC la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 638-93 realizado por los laboratorios KEMA de Holanda.

2.4.3. Comprobación por solicitud térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la celda por efecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc}(ter) = 26,18 \text{ kA}$$

Para las celdas del sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 642/93 realizado por los laboratorios KEMA de Holanda.

Para las celdas del sistema CGC la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 94029-15^A realizado por los laboratorios LBEIN de Bizkaia (España).

2.5. Selección de las protecciones de Alta y Baja Tensión

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta Tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en Baja Tensión, la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

Transformadores

La protección en AT de los transformadores se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo estos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (muy inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuito por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para asegurar que:

Permiten el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida en esa aplicación.

No producen disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal, y de una duración intermedia.

No producen disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

No obstante, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 40 A, para el trafo de 400 KVA y de 63 A para el trafo de 630 KVA.

2.6. Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio del Centro de Transformación, se utiliza la expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 * K * [h * DT^3]^{\frac{1}{2}}} \quad (2.6.a)$$

donde:

W_{cu} - Pérdidas en el cobre del transformador

W_{fe} - Pérdidas en el hierro del transformador

K - Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada

h - Distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida

DT - Aumento de temperatura del aire

S_r - Superficie mínima de las rejillas de entrada

No obstante, y aunque es aplicable esta expresión a todos los Edificios prefabricados de ORMAZABAL, se considera de más interés la realización de ensayos de homologación de los Centros hasta las potencias indicadas, dejando la expresión para valores superiores a los homologados.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según el protocolo 97624 obtenido en Labein (Bizkaia - España).

2.7. Dimensionado del pozo apagafuegos

Las cubas o fosas colectoras de los edificios independientes destinados a Centros de Transformación pueden dimensionarse para no recoger en su totalidad el aceite de los transformadores, siempre y cuando no se puedan contaminar cauces superficiales o subterráneos, y la tierra contaminada pueda retirarse, y la cantidad de aceite total en el Centro sea inferior a 400 L.

En este caso, el transformador con mayor cantidad de aceite es de 630 KVA, con un contenido en aceite inferior a la capacidad del foso de recogida de aceite dispuesto en este Centro de Transformación.

2.8. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

2.8.1. Investigación de las características del suelo

El RAT indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito inferior o igual a 16 kA, es posible estimar la resistividad del terreno, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 1500 ohm x m.

2.8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son los siguientes:

De la red:

Tipo de neutro: el neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.

Tipo de protecciones: cuando se produce un defecto, éste se elimina mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependientes). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 s.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando una intensidad máxima empírica, y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

2.8.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo Unesa, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

2.8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación.

Tensión de servicio:

$$V_n \text{ [kV]} = 11$$

Limitación de intensidad a tierra:

$$I_{dm} \text{ [A]} = 300$$

Nivel de aislamiento de las instalaciones en BT:

$$V_{bt} \text{ [V]} = 10000$$

Características del terreno:

$$\text{Resist. tierra } R_o \text{ [ohm x m]} = 1500$$

$$\text{Resi. hormi. } R'o \text{ [ohm x m]} = 3000$$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del Centro de Transformación, y la intensidad del defecto se calculan

$$I_d * R_t \leq V_{bt} \quad (2.8.4.a)$$

donde:

I_d - Intensidad de falta a tierra en A

R_t - Resistencia total de puesta a tierra en ohmios

V_{bt} - Tensión de aislamiento en Baja Tensión en V

$$I_d = I_{dm} \quad (2.8.2.b)$$

donde:

I_d - Intensidad de falta a tierra en A

I_{dm} - Limitación de la intensidad de falta a tierra en A

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 300 \text{ A}$$

y la resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = 33.3 \text{ ohm}$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso:

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$R_t$$

$$K_r \leq \frac{\rho_0}{R_0} \quad (2.8.4.c)$$

donde:

R_t - Resistencia total de puesta a tierra en ohmios

R_o - Resistividad del terreno en ohm*m

K_r - Coeficiente K_r del electrodo

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq 0.0222$$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

Configuración seleccionada:	5/68
Geometría del sistema:	alineadas
Distancia entre picas [m] :	12
Profun. electrodo horiz. [m] :	0.5
Número de picas :	6
Longitud de las picas [m] :	8

Parámetros característicos del electrodo:

De la resistencia K _r =	0.0215
De la tensión de paso K _p =	0.0029
De la tensión de contacto K _c =	0

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra de protección del Centro.

En caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del Edificio.

Una vez seleccionado este electrodo, el valor real de la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación será:

$$R't = K_r * R_o \quad (2.8.4.d)$$

por lo que

$$R't = 32.3 \text{ ohm}$$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.8.4.b):

$$I'd = 300 \text{ A}$$

2.8.5. Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior, ya que estas son prácticamente cero.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'd = R't * I'd \quad (2.8.5.a)$$

por lo que, en este caso:

$$V'd = 9675 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto, siempre que se disponga de una malla rodeando al Centro, conectada al electrodo de tierra, según la fórmula:

$$V'c = k_c * R_o * I'd \quad (2.8.5.b)$$

Por lo que tendremos:

$$V'c = 0 \text{ V}$$

2.8.6. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que estas serán prácticamente cero.

La tensión de paso en el exterior vendrá dada por:

$$V'p = K_p * R_o * I'd \quad (2.8.6.a)$$

por lo que, para este caso:

$$V'p = 1305 \text{ V}$$

2.8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas

Los valores admisibles son, para una duración total de la falta igual a:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

$$K = 72$$

$$n = 1$$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t_n} \left[1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000} \right] \quad (2.8.7.a)$$

por lo que, para este caso:

$$V_p = 10285.7 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al Centro de Transformación:

$$V_p(\text{acc}) = \frac{10 \cdot K}{t_n} * \left[1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right] \quad (2.8.7.b)$$

por lo que en este caso:

$$V_p(\text{acc}) = 14914.3 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior

$$V'_p = 1305 \text{ V} \leq V_p = 10285.7 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al Centro:

$$V'_p(\text{acc}) = 0 \text{ V} \leq V_p(\text{acc}) = 14914.3 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V'_d = 9675 \text{ V} \leq V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$I_a = 0 \text{ A} \leq I_d = 300 \text{ A} \leq I_{dm} = 300$.

2.8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000 V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I' d}{2000 \cdot P_i} \quad (2.8.8.a)$$

Para este Centro de Transformación:

$$D = 71.6 \text{ m}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7, como mínimo, contra daños mecánicos.

2.8.9. Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de tierras de UNESA, con valores de "kr" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o

longitud de estas picas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.



Murcia, Junio de 2018
EL INGENIERO INDUSTRIAL

Fdo.: MANUEL A. MARTÍNEZ BERNAL
Colegiado nº 492

Documento visado electrónicamente con número: MU1902719

