

ICAI – MII

Instalaciones Industriales Centro de Transformación

Profesores de la asignatura
Inmaculada Blázquez
Jesús Chapado
Alberto Jáñez
Álvaro Ortega
M^a Teresa Sánchez

Tema 4: Centros de Transformación. Contenidos.

4.1 Alimentación en AT

4.2 Procedimiento para el establecimiento de un nuevo CT

4.3 Tipos de centros de transformación (CT subterráneos, de superficie y sobre poste)

4.4 Centros de transformación de compañía y de cliente. Esquemas eléctricos

4.5 Elementos constitutivos del centro de Transformación

4.6 Instalaciones de enlace

4.7 Ejemplo CT UFD

4.1 Alimentación en AT. Definiciones

4.1 Alimentación en AT

Los sistemas de distribución en AT son por lo general trifásicos con 3 conductores de fase y sin conductor de neutro.

- **Tensión de servicio de la red (U):** Es el valor de la tensión entre fases por el cual se denomina la red, y a la cual se refieren ciertas características de servicio de la red.
- **Tensión más elevada de la red (U_s):** Es el valor más elevado de la tensión entre fases, que puede presentarse en un instante y en un punto cualquiera de la red, en las condiciones normales de explotación.
- **Tensión asignada para el material (U_r):** Es el valor más elevado de la tensión entre fases para el que material (aparamenta, transformador, etc.), está especificado en lo que respecta a su aislamiento, así como a otras características relacionadas con esta tensión en las normas propuestas para cada material.

Tensiones nominales normalizadas (ITC-RAT-04)		
Tensión de servicio de la red (U) kV	Tensión más elevada de la red (U_s) kV	Tensión asignada del material (U_r) kV
3	3,6	3,6
6	7,2	7,2
10	12	12
15	17,5	17,5
20	24	24
25	30	30
30	36	36

4.1 Alimentación en AT. Definiciones

4.1 Alimentación en AT: Nivel de aislamiento

- **Sobretensión a frecuencia industrial (U_d):** Representa la aptitud del aparato para soportar las sobretensiones de frecuencia industrial.
- **Sobretensión de impulso tipo rayo (U_p):** Son ondas de sobretensión entre fase y tierra o entre fases en un lugar determinado de la red debidas al impacto de rayos sobre las líneas eléctricas aéreas. Se representan por una onda unidireccional aperiódica 1,2/50.
- **Sobretensión de impulso tipo maniobra:** Son ondas de sobretensión entre fase y tierra o entre fases en un lugar determinado de la red debidas a maniobras de apertura de circuitos. Se representan por una onda de choque 250/2500.

Tensiones nominales normalizadas (ITC-RAT-12)		
Tensión más elevada para el material U_r (kV ef)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial U_d (KV ef)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo U_p (kV cresta)
3,6	10	20
		40
7,2	20	40
		60
12	28	60
		75
17,5	38	75
		95
24	50	95
		125
		145
36	70	145
		170

4.1 Alimentación en AT. Definiciones

4.1 Alimentación en AT: Corrientes asignadas

- **Corriente en servicio continuo (I_r):** Valor eficaz de la corriente que deberá ser capaz de soportar de forma continua y conforme a unas condiciones especificadas de funcionamiento y uso
- **Corriente de corta duración (I_k):** Valor eficaz de la corriente que es capaz de soportar durante un breve intervalo de tiempo especificado, en las condiciones prescritas de uso y funcionamiento. (Corriente de cortocircuito)
- **Valor de cresta corriente de corta duración (I_p):** Valor de cresta de la corriente, asociado a la primera onda grande de la corriente de corta duración.

Valores normalizados I_r

1 – 1.25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 –
6,3 – 8 y sus múltiplos de 10^n

Valores normalizados I_k

1 – 1.25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 –
6,3 – 8 y sus múltiplos de 10^n

Duración de cortocircuito

0,5 – 1 – 2 – 3 segundos

Valores normalizados I_p

$$I_p = 2,5 \times I_k$$

Centro de distribución pública o de cliente con medida en MT

Centro de distribución pública o centro de compañía (esquema, potencia, protecciones, características eléctricas) va a venir definido por la compañía distribuidora. Puede incluir aparamenta telecontrolada o manual.

Centro de cliente con medida en MT o centro de abonado es propiedad del cliente, aunque una parte de este centro (la aparamenta de conexión a la red de distribución) es de uso exclusivo de la compañía distribuidora.

4.2 Procedimiento para establecimiento de un nuevo Centro de Transformación

ITC-RAT 20 detalla la información que deben contener los anteproyectos y proyectos de centros de transformación. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/05/09/337>

- **Memoria: Cálculos justificativos**
- **Pliego de condiciones técnicas**
- **Presupuesto total y parcial**
- **Planos**
- **Estudio de seguridad y salud (básico o completo, depende)**

5. Tema 4: Centros de Transformación

4.2 Procedimiento para el establecimiento de un nuevo CT

empresas eléctricas disponen de **proyectos tipo**:

Memoria

Pliego de Condiciones

Presupuesto

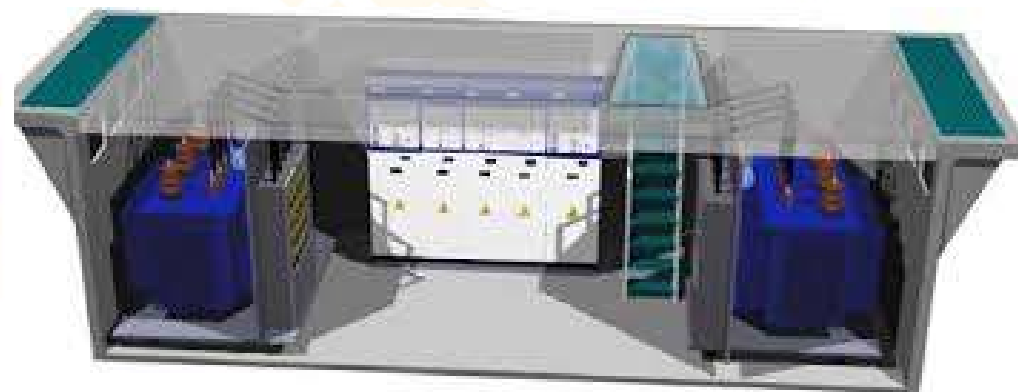
Planos

Prevención de riesgos laborales y de protección del medio ambiente

<https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Paginas/reglamento-alta-tension.aspx>

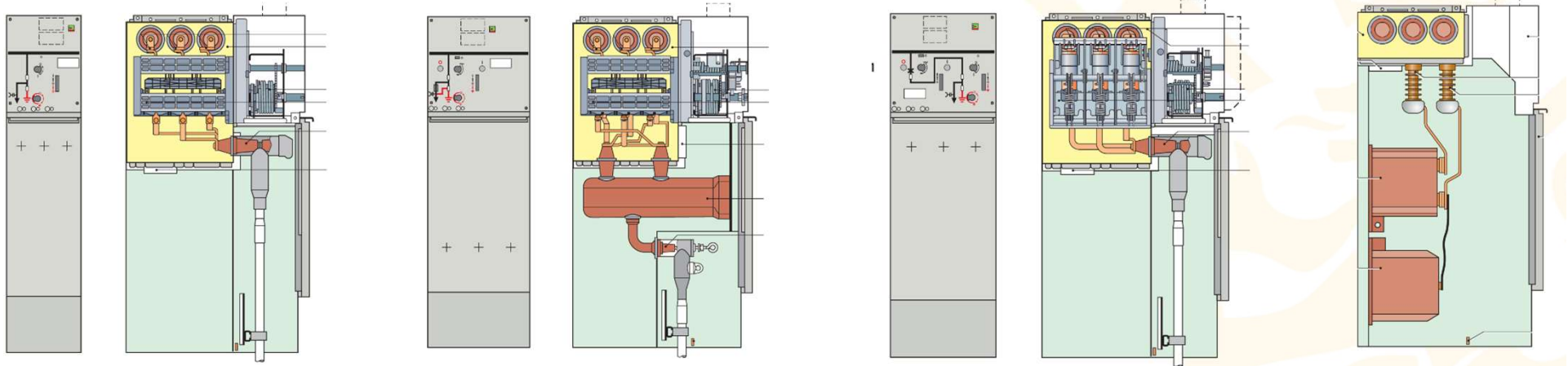
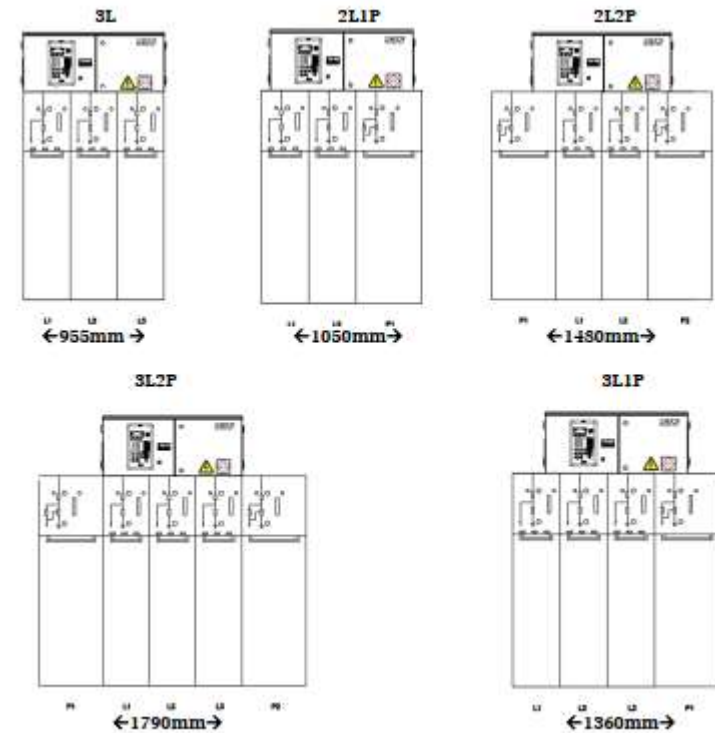
4.3 Tipos de Centro de Transformación

- Por ubicación:
 - Edificio Prefabricado Superficie
 - Edificio Prefabricado Subterráneo
 - Sobre-poste
 - Obra civil / en edificio existente.
- Por tipo de maniobra
 - Maniobra interior
 - Maniobra exterior



4.4 Esquemas Eléctricos. Introducción.

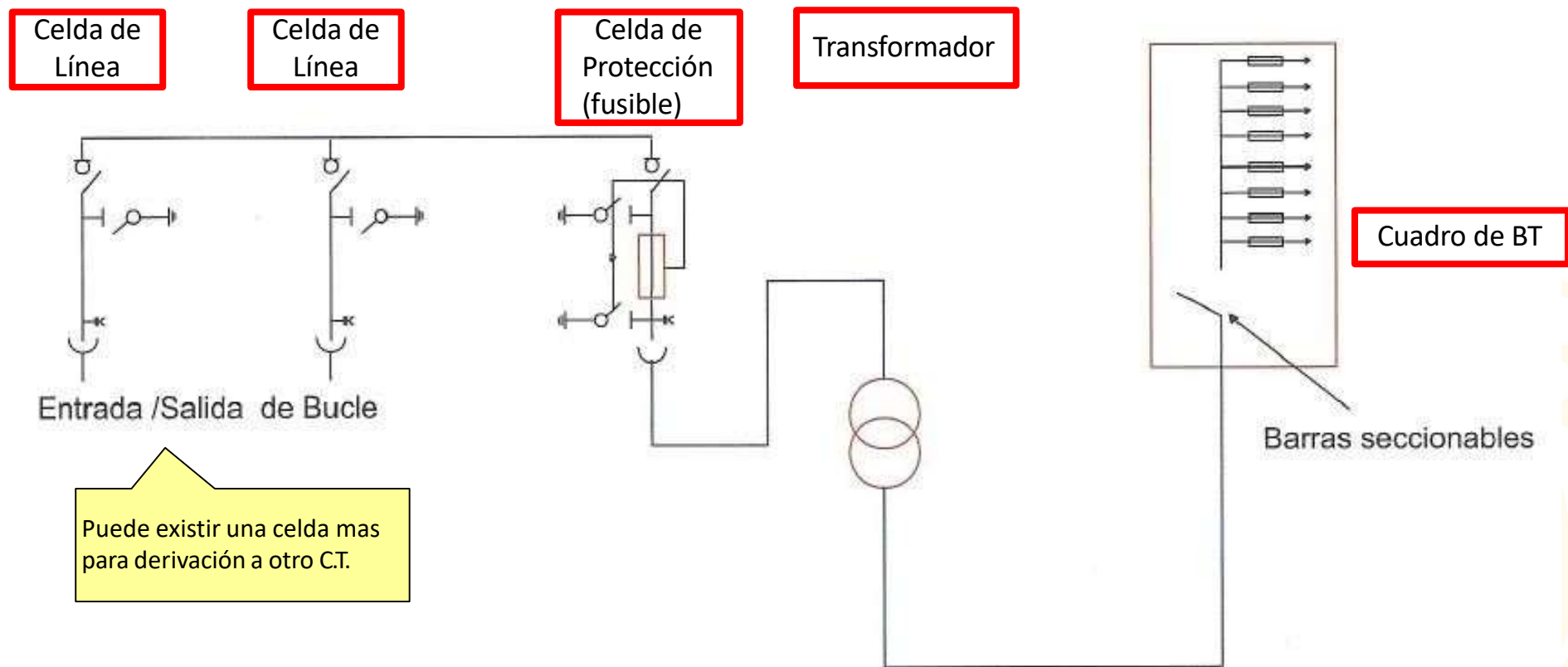
- **Centros de compañía (distribución pública)**
 - Combinación de celdas de línea y protección por ruptofusible
 - Tantas celdas de fusible como trafos hay en el CT
 - Tantas celdas de línea como líneas llegan al CT
 - Según normativa de compañía distribuidora.
 - Telemando es habitual.
- **Centros de abonado**
 - Incluyen un celda de medida para facturar la energía consumida/generada por el privado.
 - Protección con fusible o interruptor automático (para >1000kVAs es lo más común)



4.4 Esquemas Eléctricos

Centro de compañía 2L1P

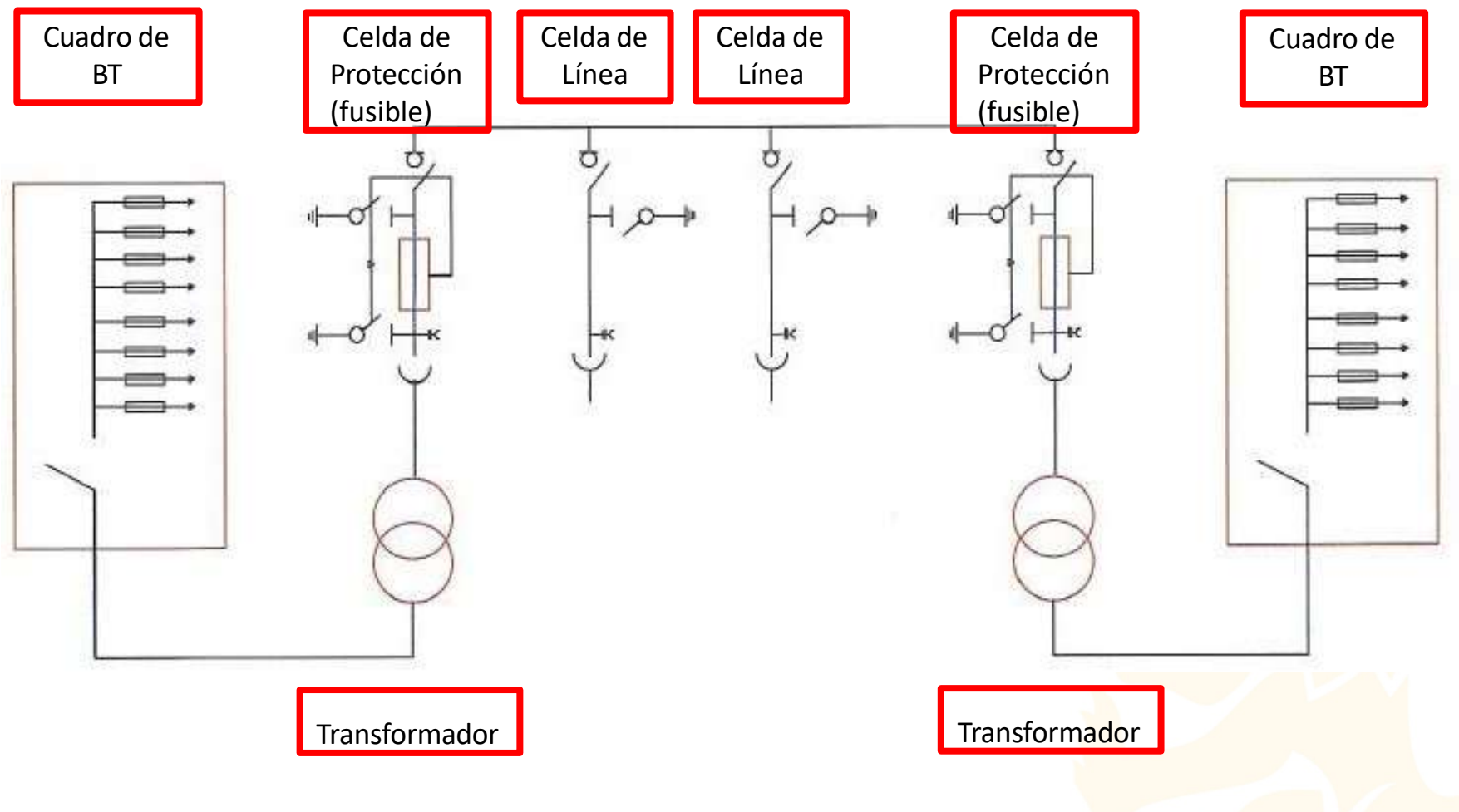
Conexión en bucle y un solo transformador



4.4 Esquemas Eléctricos

Centro de compañía 2L2P

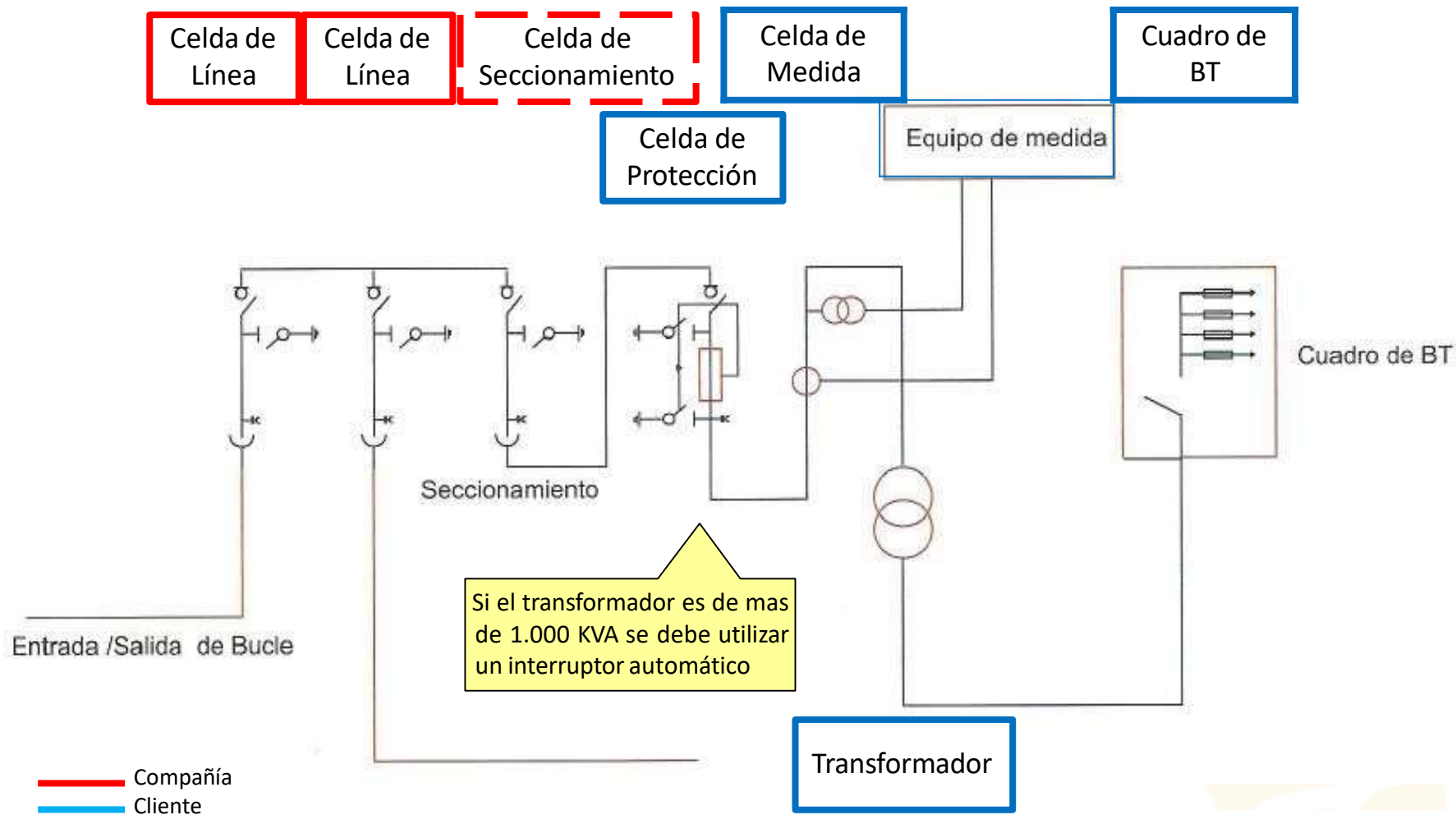
Conexión en bucle y dos transformadores



4.4 Esquemas Eléctricos

Centro de compañía-abonado con 1 trafo

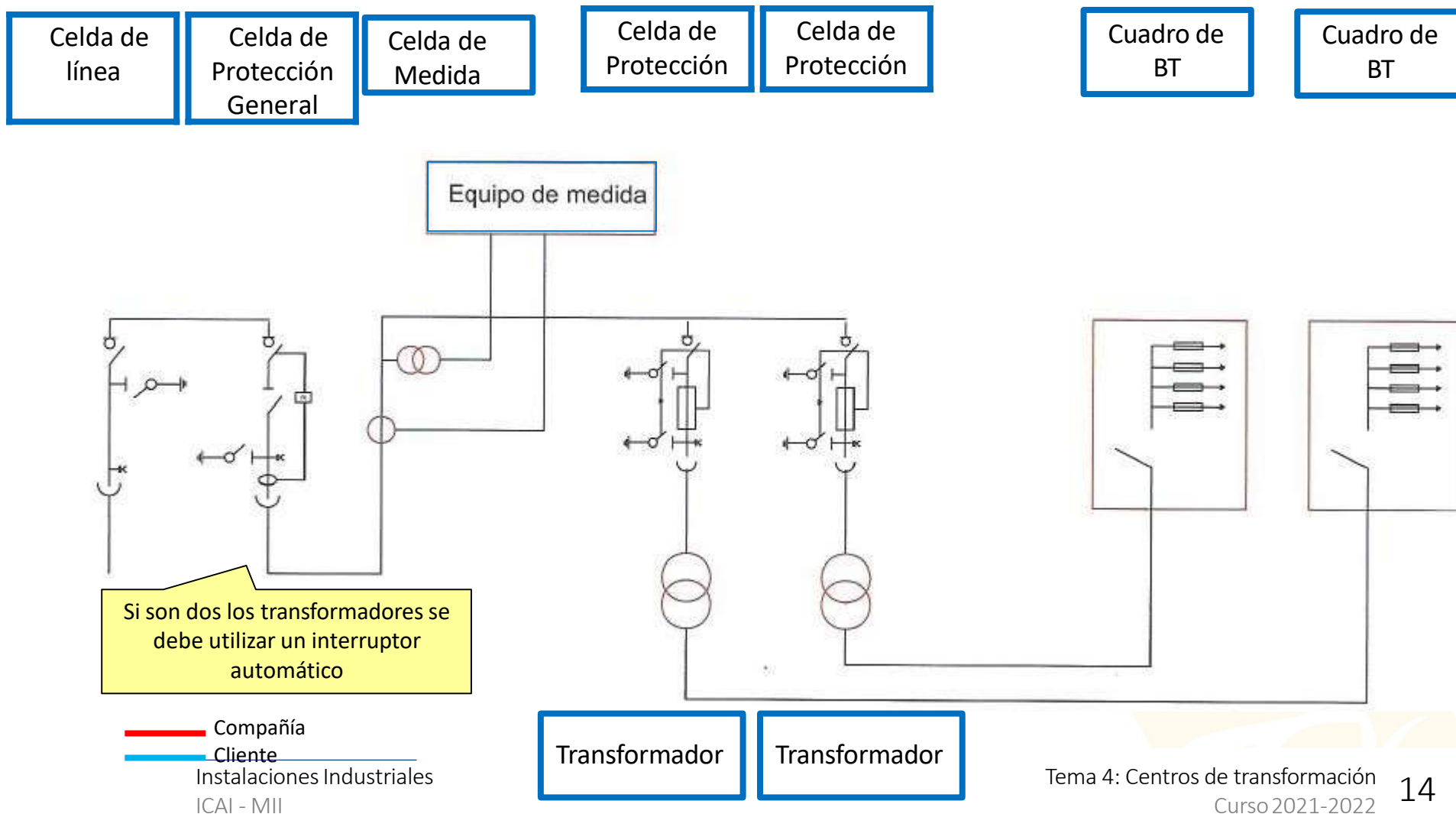
Conexión en bucle y un solo transformador



4.4 Esquemas Eléctricos

Centro de abonado con dos trafos

Conexión en antena y dos transformadores

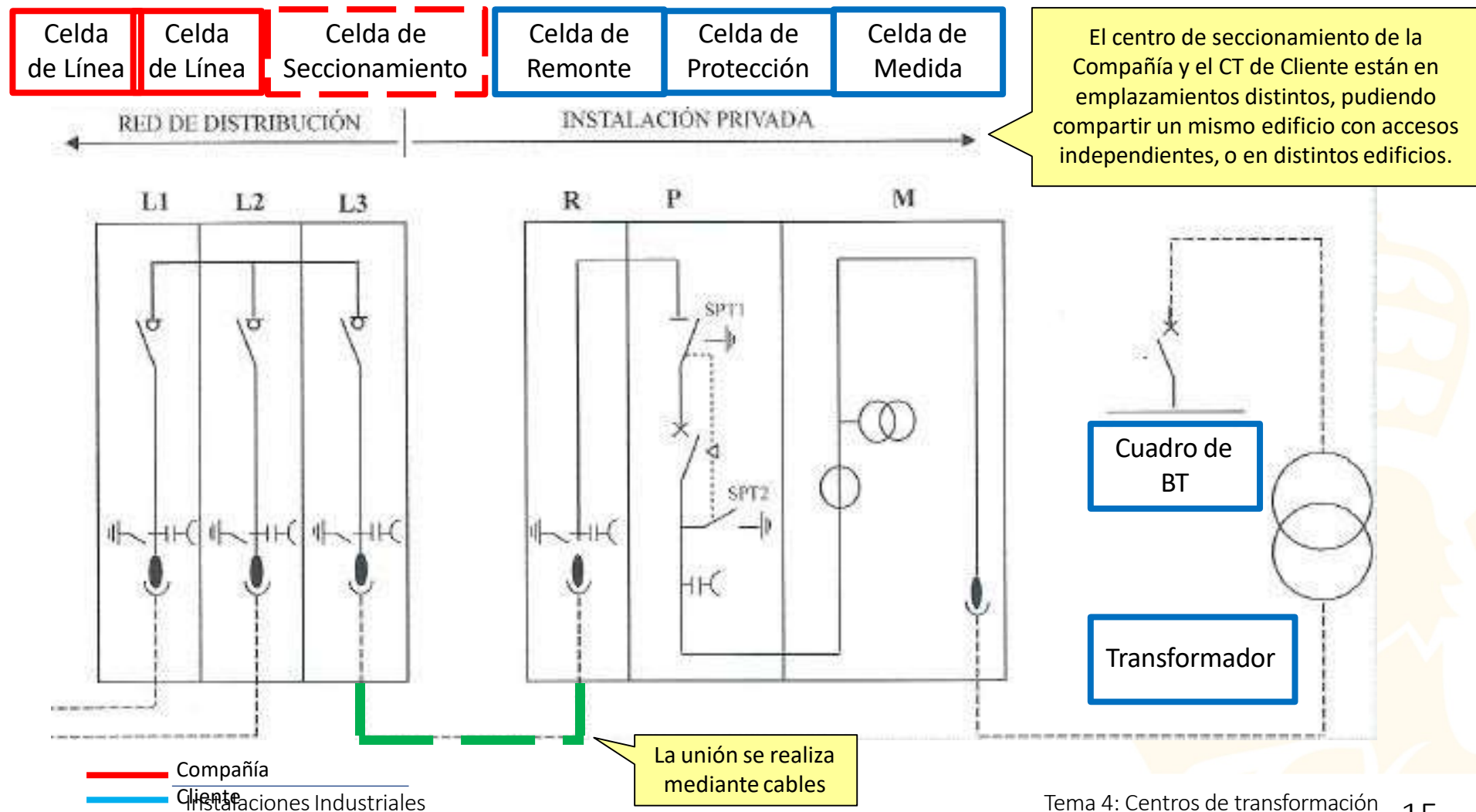


4.4 Esquemas Eléctricos.

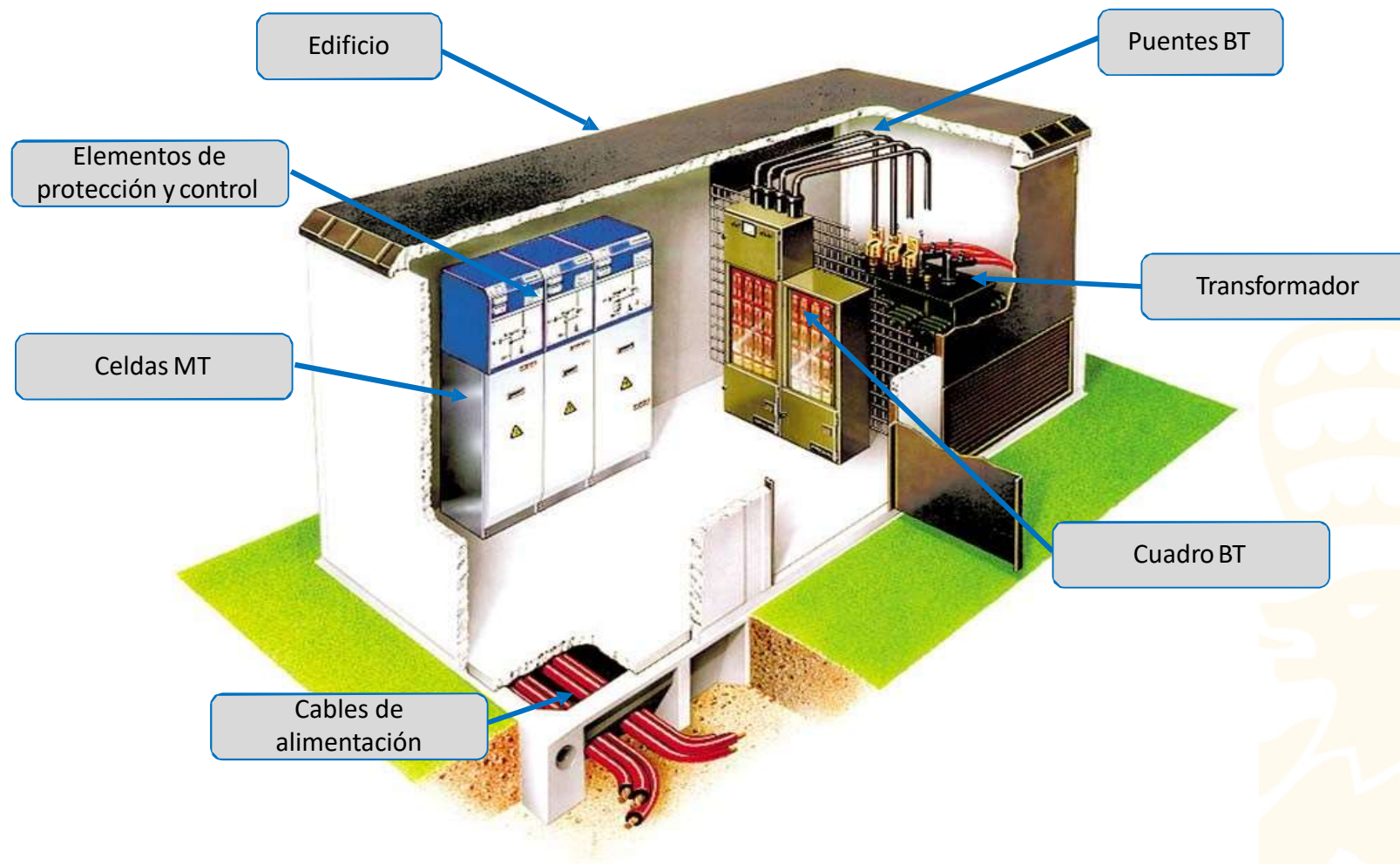
Centro compañía-abonado con celdas separadas.

4.4 Centros de transformación de compañía y de cliente. Esquemas eléctricos

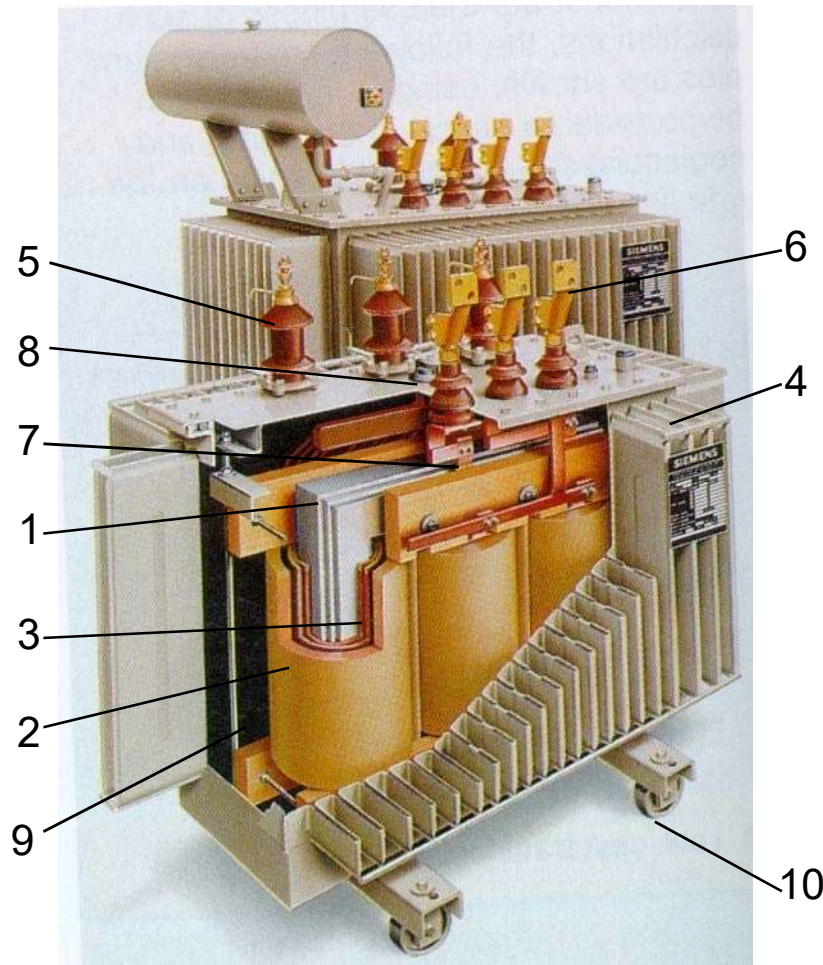
Con centro de seccionamiento de compañía independiente del CT de Cliente



4.5 Elementos constitutivos del centro de Transformación. Introducción



4.5 Elementos constitutivos del centro de Transformación. Transformador



Componentes:

- 1.- Núcleo Magnético.
- 2.- Arrollamientos de Alta Tensión.
- 3.- Arrollamientos de Baja Tensión.
- 4.- Aletas de refrigeración.
- 5.- Pasatapas de Alta Tensión.
- 6.- Pasatapas de Baja Tensión.
- 7.- Conexiones Internas.
- 8.- Cuba / Tapa del Transformador.
- 9.- Aceite Mineral.
- 10.- Ruedas.

4.5 Elementos constitutivos del centro de Transformación. Transformador

- **Pérdidas y niveles de potencia acústica máximos (ITC-RAT-07):**

Potencia asignada KVA	Um ≤ 24 KV				Um = 36 KV			
	Pk (W)	Po (W)	Lw	Zcc	Pk	Po	Lw	Zcc
50	875	110	42	4	1050	160	50	4,5
100	1475	180	44	4	1650	270	54	4,5
160	2000	260	47	4	2150	390	57	4,5
250	2750	360	50	4	3000	550	60	4,5
400	3850	520	53	4	4150	790	63	4,5
630	5400	730	55	4	5500	1100	65	4,5
800	7000	800	56	6	7000	1300	66	6
1000	9000	940	58	6	8900	1450	67	6
1250	11000	1150	59	6	11500	1750	68	6
1600	14000	1450	61	6	14500	2200	69	6
2000	18000	1800	63	6	18000	2700	71	6
2500	22000	2150	66	6	22500	3200	73	6

- Pk .- pérdidas en carga a 75 °C (W)
- Po.- Pérdidas en vacío (W)
- Lw.- potencia acústica dB
- Zcc.- Impedancia de cortocircuito a 75 °C (%)

Tabla 1 ITC-RAT-07

4.5 Elementos constitutivos del centro de Transformación. Transformador



Llenado integral

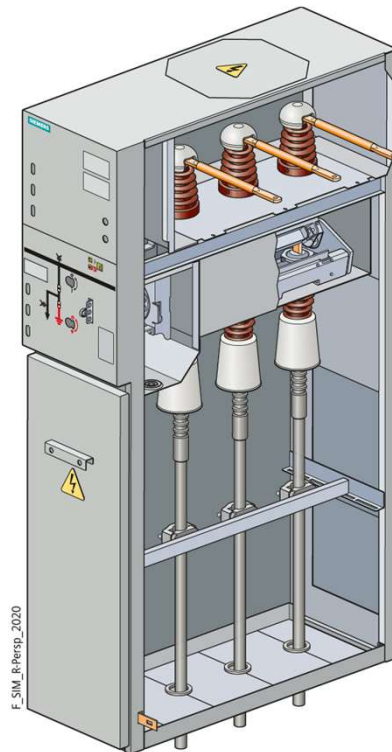


Seco



4.5 Elementos constitutivos del centro de Transformación. Celda Media Tensión.

- Por tipo de asilamiento
 - GIS (SF6). Utilizado siempre en celdas de compañía y en la mayoría de celdas de abonado.
 - AIS. Posibilidad en celdas de abonado.
 - SF6 free → Futuro. Veremos desarrollo en los próximos años (pendiente norma europea abril 2022)
- Por configuración:
 - Compactas
 - Modulares



Tensión asignada (kV)	24	36
Intensidad asignada (A)	400 / 630	400 / 630
Intensidad de corta duración (kA)	16 / 20	16 / 20

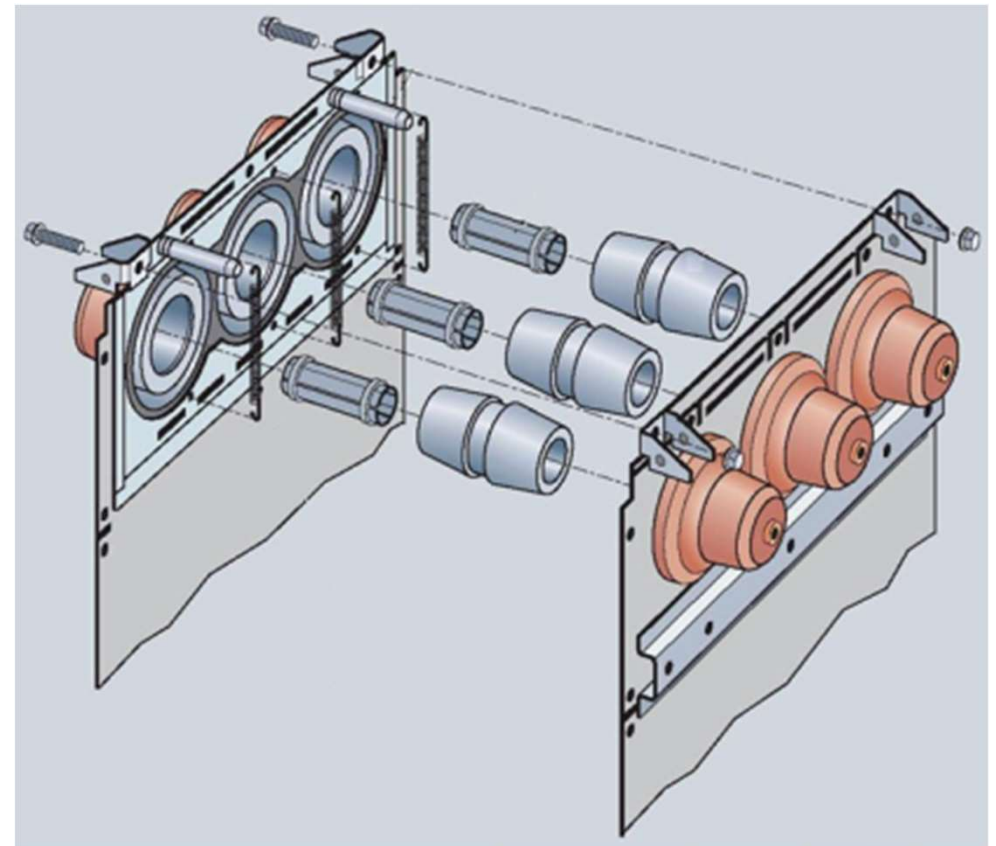


4.5 Elementos constitutivos del centro de Transformación. Interconexiones Celda Media Tensión.

Pasatapas normalizados cono
externo (EN 50 181)



Conexión entre celdas modulares según diseño
de fabricante



4.5 Elementos constitutivos del centro de Transformación. Transformadores de Medida.

TRANSFORMADOR DE TENSIÓN. Valores característicos

- **Tensión primaria nominal(V):**
 - Conexión entre fases:
2.200 - 3.300 - 5.500 - 6.600 - 11.000 - 13.200 - 16.500 - 22.000 - 27.500 - 33.000
 - Conexión fase-tierra:
MISMOS VALORES/ $\sqrt{3}$
- **Tensión secundaria nominal(V):**
 - Conexión entre fases: 110 V
 - Conexión fase-tierra : $110/\sqrt{3}$

TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD. Valores característicos

- **Intensidad primaria nominal(A):**
10 – 12.5 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75
además de sus múltiplo y submúltiplos decimales
- **Intensidad secundaria nominal(A):**
1 - 5

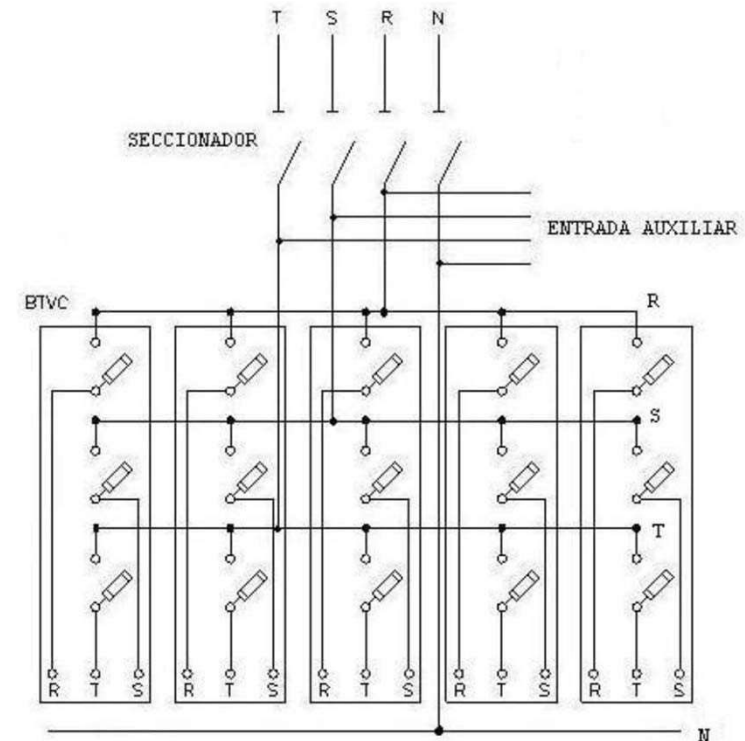


4.5 Elementos constitutivos del centro de Transformación. Cuadro de Baja Tensión.

BASES TRIPOLARES VERTICALES

- **Función:**

Su función es recibir el circuito principal de baja tensión procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número de circuitos individuales



4.6 Instalaciones de enlace



4.6 Instalaciones de enlace

CT de compañía:

- Acometida ITC-BT-11

https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/abrir_pdf.php?fich=326_Reglamento_electrotecnico_para_baja_tension_e_ITC.pdf

- LGA ITC-BT-14

CT de Cliente

- ITC-RAT 19 <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/05/09/337>

- LGA ITC-BT-14

4.7 Condiciones de instalación de un CT en zona UFD

Requisitos de la compañía distribuidora (UFD)

https://www.ufd.es/wp-content/uploads/2018/10/IT.07972.ES-DE.NOR_.pdf

- **Requisitos Técnicos para Conexión de Instalaciones en Alta Tensión de $Un \leq 36$ kV**
 - **Características eléctricas de la red de MT:**
 - *Tensiones normalizadas: 15 kV y 20 kV (20 kV en nuestro caso)*
 - *Nivel de aislamiento:*
 - *Tensión más elevada para el material: 24 kV*
 - *Tensión soportada a frecuencia industrial de corta duración: 50 kV*
 - *Tensión soportada a impulsos tipo rayo: 125 kV*
 - *Intensidad de cortocircuito máxima admisible: 25 kA*
 - *Régimen de neutro: aislado.*
 - **Instalaciones de conexión:**
 - *Como norma general, existirá siempre un elemento de corte denominado posición o elemento de interconexión, de propiedad de UFD, que permita entre otras funcionalidades, conectar y desconectar la instalación particular de la red de distribución e identifique claramente la frontera de propiedad de ambas instalaciones. Las instalaciones del cliente comienzan en la conexión de la línea del cliente con el elemento de interconexión.*

4.7 Condiciones de instalación de un CT en zona UFD

Requisitos de la compañía distribuidora (UFD)

- **Requisitos Técnicos para Conexión de Instalaciones en Alta Tensión de $U_n \leq 36$ kV**
 - **Instalaciones de conexión:**
 - *Tabla 1 Modo de conexión y límites de potencia de instalaciones de cliente en la red de MT3*

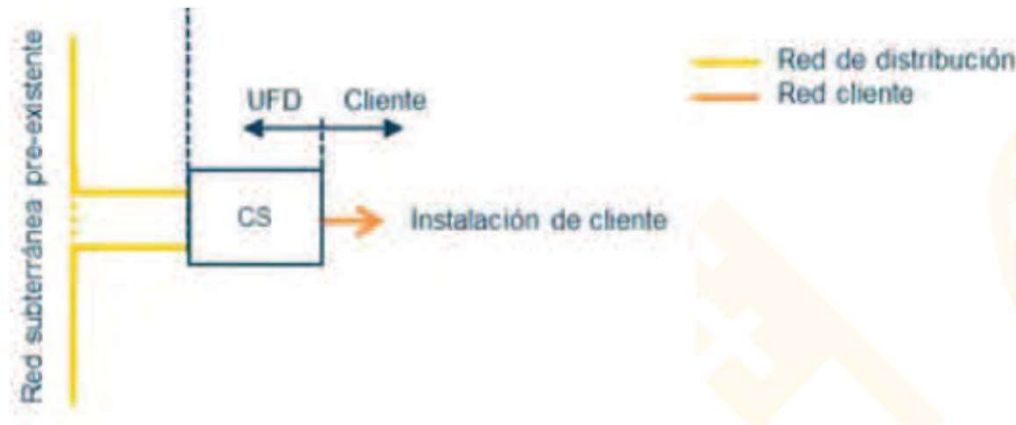
P suministro (kW)	Red subterránea	Red aérea apoyada o con apoyo previsto	Red aérea sin apoyar
$P_i \leq 400$	E/S	Derivación (preferente)	Derivación
$400 < P_i \leq 2.000$	E/S	E/S	Derivación
$2.000 < P_i \leq 4.000$	E/S	E/S	No permitido
$4.000 < P_i \leq 9.000$ (15 kV)	Barras de subestación MT		
$4.000 < P_i \leq 12.000$ (20 kV)			
$P_i > 9.000$ (15 kV)	Conexión a un nivel de tensión superior (*)		
$P_i > 12.000$ (20 kV)			

Para nuestro caso vamos a considerar la conexión en red subterránea con Entrada/Salida

4.7 Condiciones de instalación de un CT en zona UFD

Requisitos de la compañía distribuidora (UFD)

- **Requisitos Técnicos para Conexión de Instalaciones en Alta Tensión de $Un \leq 36$ kV**
 - **Conexión en E/S en red de MT subterránea:**
 - *La conexión en E/S se realizará mediante un centro de seccionamiento (CS).*
 - *En el caso de la red subterránea se realizará, generalmente, mediante empalmes con la red pre-existente.*



- *Los CS que se conecten a la red estarán ubicados en el interior de una envolvente o local con separación física del Centro de Protección y Medida de Cliente (CPMC).*
- *El acceso a ambos, CS y el CPMC, deberá ser libre para UFD preferentemente desde la vía pública e independiente uno de otro.*
- *El CS de UFD, se construirá conforme al proyecto tipo en vigor.*

4.7 Condiciones de instalación de un CT en zona UFD

Requisitos de la compañía distribuidora (UFD)

- **Requisitos Técnicos para Conexión de Instalaciones en Alta Tensión de $Un \leq 36$ kV**

- **Protecciones. Instalaciones de sólo consumo:**

- *Los transformadores AT/BT deberán protegerse contra sobreintensidades provocadas por defectos internos de la instalación mediante las protecciones adecuadas. Generalmente y para potencias nominales hasta 1.000 kVA, esta protección será por fusibles limitadores.*

- **Medida. Instalaciones de sólo consumo**

- *El punto de medida estará normalmente en el nivel de MT, es decir el nivel de tensión del punto de conexión.*
 - *En el caso general de medida en MT, existirá una celda con los elementos destinados a la medida en MT.*

- **Transformadores de medida y protección**

- *Transformadores de intensidad:*
 - *Intensidad primaria según proyecto*
 - *Intensidad secundaria 5 A*
 - *Intensidad límite térmico (I_t): Hasta 25 A en primario será de $200 I_n$, a partir de 25 A será de $80 I_n$, y nunca inferior a 5 kA, 1 segundo.*
 - *Intensidad dinámica: $2,5 I_t$*
 - *Clase de precisión: 0,2S*
 - *Potencia nominal: 10 VA*

4.7 Condiciones de instalación de un CT en zona UFD

Requisitos de la compañía distribuidora (UFD)

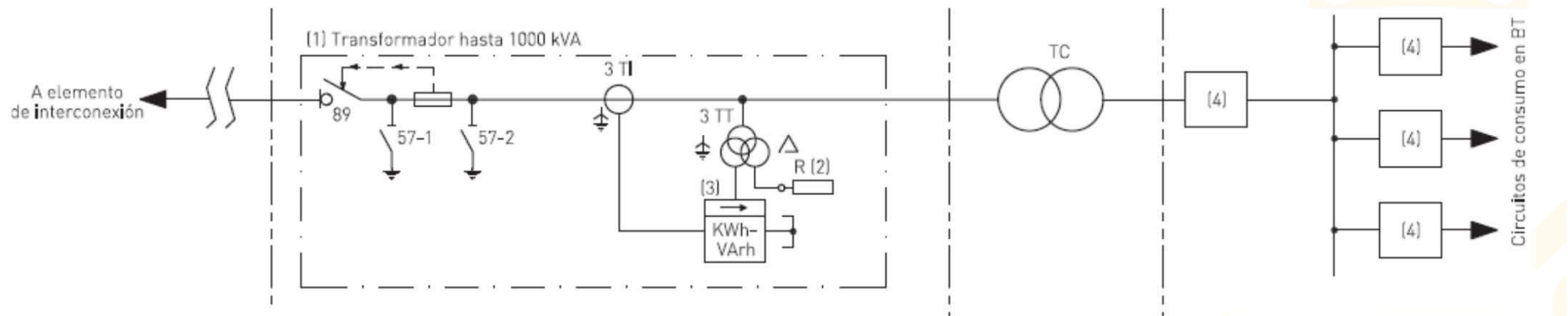
- **Requisitos Técnicos para Conexión de Instalaciones en Alta Tensión de $Un \leq 36$ kV**
 - **Transformadores de medida y protección**
 - *Transformadores de tensión:*
 - *Factor de tensión:*
 - *1,2 Un en permanencia y*
 - *1,9 Un durante 8 horas en el caso de neutro aislado o*
 - *1,5 Un durante 30 s en el caso de neutro a tierra.*
 - *Tensión primaria de acuerdo con la tensión de red (a determinar según proyecto).*
 - *Tensión secundaria: 110: $\sqrt{3}$; 110:3*
 - *Arrollamiento para ferorresonancia:*
 - *Clase de precisión: 3P*
 - *Potencia nominal: 30 VA*
 - *Para prevenir la aparición de ferorresonancia debe cargarse con una resistencia de 25 Ohmios 800 W el secundario en triángulo abierto,*
 - *Arrollamiento para facturación:*
 - *Clase de precisión: 0,2*
 - *Potencia nominal: 20 VA*

4.7 Condiciones de instalación de un CT en zona UFD

Requisitos de la compañía distribuidora (UFD)

- **Requisitos Técnicos para Conexión de Instalaciones en Alta Tensión de $Un \leq 36$ kV**
 - **Esquemas tipo de terceros conectados a la red de distribución**

Código de esquema	Descripción
C1-1	Consumo. Un transformador hasta 50 kVA o intemperie.
C1-2	Consumo. Un transformador mayor de 50 kVA y no intemperie.
C2	Consumo. Varios transformadores.
C3	Generación



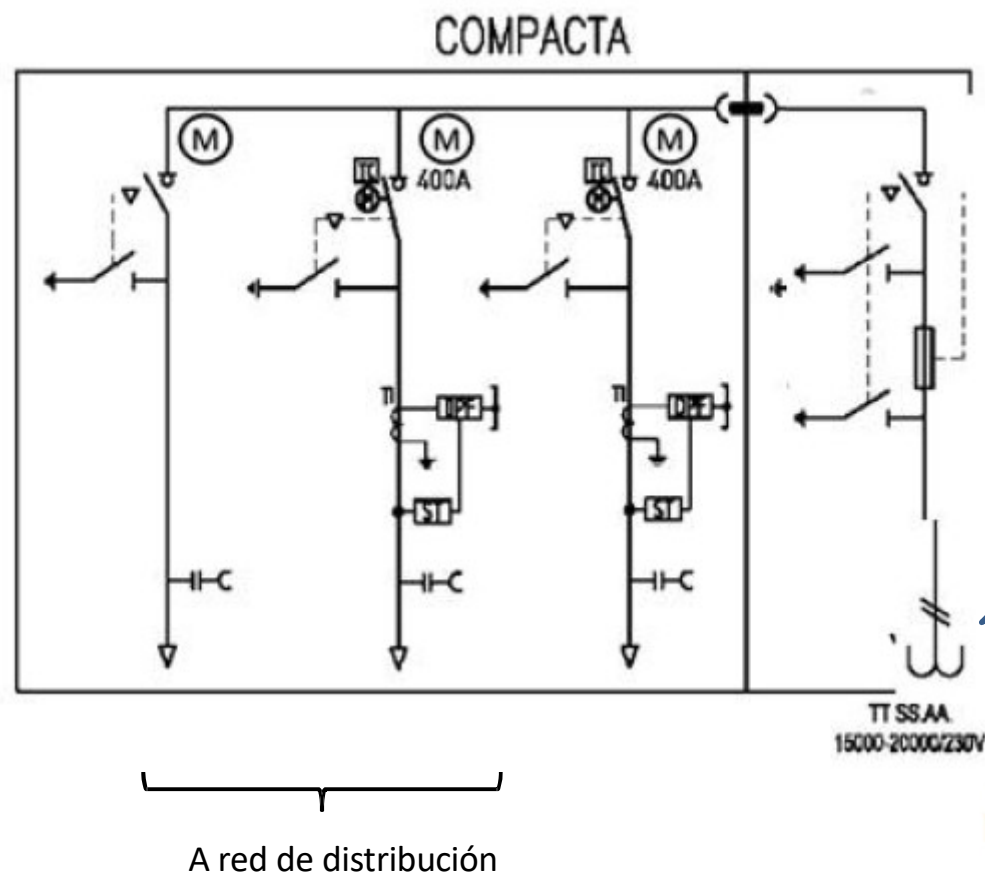
Leyenda:

- [1] Elemento de protección del transformador según RAT.
- [2] Carga anti-ferroresonancia 25 Ohm 800W.
- [3] Contador MF (medida en frontera).
- [4] Protección según REBT, magnetotérmico+diferencial o fusibles.

4.7 Condiciones de instalación de un CT en zona UFD

Requisitos de la compañía distribuidora (UFD)

- **Proyecto Tipo para la construcción de Centros de Seccionamiento en envoltorio prefabricada**
 - *Esquema unifilar Celda 3L con 2TC + TT (código 859313)*



Transformador SS.AA.
Para alimentación
telecontrol compañía

4.7 Condiciones de instalación de un CT en zona UFD

Requisitos de la compañía distribuidora (UFD)

- Proyecto Tipo para la construcción de Centros de Transformación en envolvente prefabricada**

- Celdas de alta tensión**

- Se emplearán celdas compactas prefabricadas bajo envolvente metálica con corte y aislamiento en atmósfera de SF6*
- Los dos tipos de celdas a utilizar, serán las de línea y las de protección cuyas funciones son las siguientes:*
 - Celdas de línea. Son las que se utilizan para las operaciones de maniobra en alta tensión, conectadas a los cables de entrada o salida que constituyen el circuito de alimentación al Centro. La corriente asignada será como mínimo de 400 A.*
 - Celdas de protección. Son las que se utilizan para las funciones de maniobra y protección del transformador. La corriente asignada será como mínimo de 200 A*
 - Calibre fusible de protección Transformador:*

POTENCIA TRANSFORMADOR (kVA)	CALIBRE FUSIBLE (A)	
	15 kV	20 kV
250	25	25
400	40	25
630	63	40

4.7 Condiciones de instalación de un CT en zona UFD

Requisitos de la compañía distribuidora (UFD)

- **Proyecto Tipo para la construcción de Centros de Transformación en envolvente prefabricada**
 - *Cables para la conexión entre transformador y Cuadro de Baja Tensión*

Tipo de cable	Sección mm ²	NÚMERO DE CABLES		
		POTENCIA TRANSFORMADOR kVA		
		250	400	630
XZI 0,6/1 kV	240	1 x fase	2 x fase	3 x fase
		1 x neutro	1 x neutro	2 x neutro

- **Cuadro de Baja Tensión**
 - *El cuadro BT estará preparado para 4 salidas con 4 bases BTVC tamaño 2 (400 A)*
 - *Tensión soportada a frecuencia industrial de corta duración: 10 kV*
 - *Tensión soportada a impulsos tipo rayo: 20 kV*

4.7 Condiciones de instalación de un CT en zona UFD

Esquema eléctrico unifilar CT Cliente

- El esquema unifilar completo del Centro de Transformación será por tanto el siguiente:

Centro de Seccionamiento de Compañía

Centro de Transformación de Cliente

