

**PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
DE ABONADO, UBICADO EN
EL EDIFICIO DE LA UNED
C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID**

Febrero 2011

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

ÍNDICE

1.	MEMORIA.....	2
1.1	OBJETO	2
1.2	PROPIEDAD.....	2
1.3	EMPLAZAMIENTO	2
1.4	ALCANCE DEL PROYECTO	2
1.5	REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES	3
1.6	OBRA CIVIL.....	4
1.7	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA RED.....	5
1.8	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES	5
1.9	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO	6
1.10	CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MT	7
1.11	PUESTA A TIERRA	14
1.12	ANEXO DE CÁLCULO.....	16
2.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	27
2.1	CALIDAD DE LOS MATERIALES	28
2.2	NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	33
2.3	PRUEBAS REGLAMENTARIAS	33
2.4	CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD	34
2.5	CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN	36
2.6	LIBRO DE ÓRDENES.....	36
3.	NORMAS COMPAÑÍA SUMINISTRADORA	37
4.	PLANOS	40

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

1. MEMORIA

1.1 OBJETO

El objeto del presente proyecto es especificar las condiciones técnicas, de ejecución y económicas de las obras de un Centro de Transformación de Abonado de características normalizadas, ubicado en el Edificio de la UNED, situado en la C/Juan del Rosal nº14 de Madrid, cuyo fin es suministrar energía eléctrica en baja tensión.

1.2 PROPIEDAD

Nombre o Razón Social: Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
Domicilio: C/ Bravo Murillo, Nº 38, 28015 - Madrid
C.I.F.: Q-2818016D

1.3 EMPLAZAMIENTO

Se trata de un edificio ubicado en la Ciudad Universitaria de Madrid, concretamente en la calle Juan del Rosal nº14. El Centro de Transformación es de nueva ejecución, situado en el interior del edificio en cuestión, con acceso desde la calle "Profesor José García Santesmases", tal y como se puede apreciar en el plano de situación adjunto.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

Actualmente, el edificio en cuestión se está reformando, incluyendo en él la central de producción de frío y calor de varios edificios pertenecientes a la UNED. Este hecho conlleva la necesidad de aumentar la potencia del Centro de Transformación existente en el edificio.

Se pretende ejecutar, por tanto, un Centro de Transformación de Abonado nuevo, en el interior del mismo edificio, y posteriormente desmantelar el Centro de Transformación existente. El alcance del proyecto se limita a las obras a realizar en el interior del Centro de Transformación en cuestión.

En este proyecto se describen las obras necesarias a ejecutar para la instalación del Centro de Transformación nuevo.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Son objeto de proyectos independientes, el tendido de la línea de media tensión de nueva instalación, prevista para dar suministro eléctrico a este edificio y al edificio adyacente de Informática, y el nuevo Centro de Seccionamiento Telemandado, ubicado en recinto adyacente al nuevo Centro de Transformación.

1.5 REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

Para la elaboración del presente proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa y reglamentos:

- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (R.D. 3275/82 de 12 de Noviembre.- B.O.E. nº 288 de fecha 1 de Diciembre de 1.982) e Instrucciones Técnicas Complementarias (O.M. de 18 de Octubre de 1.984 B.O.E. nº 256 de 25 de Octubre de 1.084).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión según Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002, B.O.E. nº 224 de 18 de Septiembre de 2002.
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo según Decreto 432/1971 de 11 de Marzo de 1971 y Orden de 9 de Marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre sobre prevención de Riesgos Laborales B.O.E. nº 269 de 10 de Noviembre de 1.995.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, CTE, con sus Documentos Básicos de aplicación.
- CTE-DB-SI: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico Seguridad en caso de Incendio.
- Ordenanzas Municipales.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Orden de 6 de Julio de 1.984 por la que se aprueban o se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Decreto 2617/66 de 20 de Octubre de 1.966 sobre autorización de instalaciones eléctricas según B.O.E. de 24 de Octubre de 1.996.
- Decreto Territorial 26/96 de 9 de Febrero por el que se simplifica los procedimientos administrativos aplicables a instalaciones eléctricas según B.O.E. nº 28 de 4 de Marzo 1.996.
- Ley 21/1992 de Industria, 16 de Julio de 1992, B.O.E. nº 176.
- Decreto 724/79 modificando los Art. 2 y 92 del Reglamento de Verificaciones Eléctricas, sobre revisiones periódicas en este tipo de instalaciones.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

- Decreto 1.955/2.000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte distribución, comercialización, suministro y procedimiento de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Pliego de Condiciones Técnicas de los Organismos Autonómicos o locales donde se ejecute la obra.
- Orden del 10 de Marzo de 2.000, por la que se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 01, MIE-RAT-02, MIE-RAT-06, MIE-RAT-14, MIE-RAT-15, MIE-RAT-16, MIE-RAT-17, MIE-RAT-18, MIE-RAT-19, del Reglamento, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- R.D. 1.627/1.997 de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en la obras de construcción.
- Ley 38/1.999 de 5 de Noviembre de Ordenación de la Edificación, B.O.E. nº 266 de 6 de Noviembre de 1.999.

1.6 OBRA CIVIL

El Centro de Transformación, objeto de este proyecto, es de nueva ejecución y estará ubicado en el interior de un edificio destinado a otros usos.

El local para la ubicación del nuevo Centro de Transformación será de dimensiones necesarias para alojar las celdas correspondientes, respetándose en todo caso las distancias mínimas entre los elementos que se detallan en el vigente reglamento de alta tensión.

Las dimensiones del local reformado, el acceso, así como la ubicación de las celdas se indican en el plano de planta correspondiente.

Se detallan a continuación las condiciones mínimas que debe cumplir el local para poder albergar el Centro de Transformación:

- Acceso de personas: El acceso al C.T. estará restringido al personal de la Cía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Cía Eléctrica. La(s) puerta(s) se abrirá(n) hacia el exterior y tendrán como mínimo 2.10 m. de altura y 0.90 m. de anchura.

- Acceso de materiales: las vías para el acceso de materiales deberá permitir el transporte, en camión, de los transformadores y demás elementos pesados hasta el local.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Las puertas se abrirán hacia el exterior y tendrán una luz mínima de 2.30 m. de altura y de 1.40 m. de anchura.

- Dimensiones interiores y disposición de los diferentes elementos: ver planos correspondientes.

- Acceso a transformadores: una malla de protección impedirá el acceso directo de personas a la zona de transformador. Dicha malla de protección irá enclavada mecánicamente por cerradura con el seccionador de puesta tierra de la celda de protección correspondiente, de tal manera que no se pueda acceder al transformador sin haber cerrado antes el seccionador de puesta a tierra de la celda de protección.

- Piso: se instalará un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0.30 x 0.30 m. Este mallazo se conectará al sistema de tierras a fin de evitar diferencias de tensión peligrosas en el interior del C.T. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

- Ventilación: se dispondrán rejillas de ventilación a fin de refrigerar el transformador por convección natural. La superficie de ventilación por transformador está indicada en el capítulo de Cálculos.

El centro no contendrá otras canalizaciones ajenas al mismo y deberá cumplir las exigencias que se indican en el pliego de condiciones respecto a resistencia al fuego, condiciones acústicas, etc.

1.7 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA RED

Compañía Suministradora:	IBERDROLA
Clase de corriente:	Alterna trifásica
Frecuencia:	50 Hz
Tensión nominal:	15 kV
Tensión más elevada de la red:	17,5 kV
Categoría de la red (según UNE 211435):	Categoría A

1.8 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES

Las obras consisten en la ejecución de un nuevo Centro de Transformación. Las obras se realizarán por la Propiedad del edificio.

En el edificio de C/ Juan del Rosal 14, existe un Centro de Transformación formado por 2 transformadores de 400 kVA en desuso, y 1 transformador de 630 kVA en tensión que da suministro al propio edificio.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO, UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID		
---	--	--

UNED	MEMORIA	FEBRERO 2011
------	---------	--------------

Cuando las celdas y los transformadores del nuevo Centro de Transformación estén instalados, a ellos se conectará la acometida desde el Centro de Seccionamiento. La línea transcurrirá por una atarjea.

1.9 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO

El Centro de Transformación, objeto del presente proyecto, será del tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltorio metálica, según norma UNE-EN 60.298.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una Red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 15 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora IBERDROLA.

* CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS

Las celdas a emplear serán celdas modulares, equipadas de aparellaje fijo, que utiliza de aislamiento íntegro el hexafluoruro de azufre (SF6) como elemento de corte y extinción del arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envoltorio metálica compartimentada, de acuerdo con la norma UNE-EN 60298, CEI y RU6407.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mando.
- e) Compartimento de control.

* DISPOSICIÓN DE LAS CELDAS

La disposición de las celdas será de acuerdo al plano de implantación que se adjunta.

Las celdas irán montadas sobre bancada metálica o de obra civil, niveladora de dimensiones y características adecuadas para servir de soporte, y permitirá que la

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

entrada y salida de los cables de media tensión se realice por la parte inferior de la misma.

Como medida de seguridad, se deberá respetar una distancia mínima de 100 mm entre las celdas y la pared posterior a fin de permitir el escape de gas SF6, en caso de sobrepresión demasiado elevada.

El paso de cables de control, comunicaciones y alimentaciones auxiliares se realizará por la parte trasera de las celdas. A cada cubículo de control, ubicado en la parte superior de cada una de las cabinas, llegará una conexión mediante tubo corrugado desde la bandeja de cables general. El tubo dispondrá de las correspondientes prensas que proporcionen estanqueidad a la conexión, evitando el contacto de los cables con aristas y los posibles esfuerzos en las conexiones de los cables.

1.10 CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MT

* CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS

- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
 - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV ef.
 - a impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400-630 A.
- Intensidad asignada en interrump. automat. 400-630 A.
- Intensidad asignada en ruptofusibles. 400 A.
- Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA ef.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 kA cresta,
es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- Grado de protección de la envolvente: IP307 según UNE 20324-94.
- Puesta a tierra.

El conductor/pletina de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 60298, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- Embarrado.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

*** CELDAS**

*** CELDA DE REMONTE (1 ud.)**

Celda ORMAZABAL de remonte, modelo CGM24-COSMOS-CMR.

Un Módulo metálico, de acuerdo a la normativa UNE y CEI y de dimensiones máximas 365 mm de ancho por 1.800 mm de alto, por 785 mm de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales:

- s/n Pletina de cobre de 30 x 3 mm para puesta a tierra de la instalación.
- s/n Pequeño material.

*** CELDA DE PROTECCIÓN GENERAL CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO (1 ud.)**

Celda ORMAZABAL de protección mediante interruptor automático, modelo CGM24-COSMOS-CMP-V.

Un Módulo de aislamiento íntegro en SF6, de acuerdo a la normativa UNE, CEI y RU6407, ensayada contra una eventual inmersión y de dimensiones máximas 480 mm de ancho por 1.740 mm de alto por 850 mm de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales:

- 1 Interruptor automático III, corte en vacío, marca ORMAZABAL, Vn =24 kV, In = 400 A, Icc = 16 kA, mando manual, con bobina de disparo asociada al relé de protección y contactos auxiliares.
- 1 Seccionador III, con posiciones CONECTADO-SECCIONAMIENTO PUESTA A TIERRA, Vn = 24 kV, In = 400 A, capacidad de cierre sobre cortocircuito 40 kA cresta, de apertura y cierre rápido, mando manual.
- 1 Relé de protección de 3F+N(50-51/50N-51N), autoalimentado, tipo ekorRPG.
- 3 Transformadores de intensidad toroidales para protección de fases y homopolar.
- 3 Captoreos capacitivos de presencia de tensión de 24 kV.
- s/n Embarrado para 400 A.
- s/n Pletina de cobre de 30 x 3 mm para puesta a tierra de la instalación.
- s/n Accesorios y pequeño material.

*** CELDA DE MEDIDA (1 ud.)**

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Celda ORMAZABAL de medida, modelo CGM24-COSMOS-CMM.

Un Módulo metálico, de acuerdo a la normativa UNE y CEI y de dimensiones máximas 800 mm de ancho por 1.740 mm de alto por 1025 mm de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales:

- 3 Transformadores de tensión, relación XV3 / 110V3 V, de potencia de precisión 50 VA en clase 0,5 y 24 kV de aislamiento.
- 3 Transformadores de intensidad, relación X/5 A, de potencia de precisión 15 VA en clase 0,5 y 24 kV de aislamiento.
- s/n Interconexión de potencia con celdas contiguas.
- s/n Pletina de cobre de 30 x 3 mm para puesta a tierra de la instalación.
- s/n Accesorios y pequeño material.

* CELDA DE PROTECCIÓN DE TRAF0 CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO (3 uds.)

Celda ORMAZABAL de protección mediante interruptor automático, modelo CGM24-COSMOS-CMP-V.

Un Módulo de aislamiento íntegro en SF6, de acuerdo a la normativa UNE, CEI y RU6407, ensayada contra una eventual inmersión y de dimensiones máximas 480 mm de ancho por 1.740 mm de alto por 850 mm de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales:

- 1 Interruptor automático III, corte en vacío, marca ORMAZABAL, Vn =24 kV, In = 400 A, Icc = 16 kA, mando manual, con bobina de disparo asociada al relé de protección y contactos auxiliares.
- 1 Seccionador III, con posiciones CONECTADO-SECCIONAMIENTO PUESTA A TIERRA, Vn = 24 kV, In = 400 A, capacidad de cierre sobre cortocircuito 40 kA cresta, de apertura y cierre rápido, mando manual.
- 1 Relé de protección de 3F+N(50-51/50N-51N), autoalimentado, tipo ekorRPG.
- 3 Transformadores de intensidad toroidales para protección de fases y homopolar.
- 3 Captores capacitivos de presencia de tensión de 24 kV.
- s/n Embarrado para 400 A.
- s/n Pletina de cobre de 30 x 3 mm para puesta a tierra de la instalación.
- s/n Accesorios y pequeño material.

* CELDA DE PROTECCIÓN DE TRAF0 CON INTERRUPTOR-FUSIBLES COMBINADOS (1 ud.)

Celda ORMAZABAL de protección mediante ruptofusible, modelo CGM24-COSMOS-CMP-F, con aislamiento y corte en SF6.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Un Módulo de corte y aislamiento íntegro en SF6, de acuerdo a la normativa UNE, CEI y RU6407, ensayada contra una eventual inmersión y de dimensiones máximas 470 mm de ancho por 1.740 mm de alto por 735 mm de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales:

- 1 Interruptor rotativo III, con posiciones CONEXIONSECCIONAMIENTO-PUESTA A TIERRA, $V_n = 24$ kV, $I_n = 400$ A, capacidad de cierre sobre cortocircuito 40 kA cresta, mando manual tipo BR, con bobina de disparo y contactos auxiliares y sistema de disparo por fusión de fusible.
- 3 Portafusibles para cartuchos de 24 kV, según DIN-43.625.
- 3 Cartuchos fusibles de 24 kV según DIN-43.625.
- 1 Seccionador de puesta a tierra, $V_n = 24$ kV, que efectúa esta puesta a tierra sobre los contactos inferiores de los fusibles, mando manual.
- 3 Captores capacitivos de presencia de tensión de 24 kV.
- 1 Relé trifásico de protección de transformador (funciones 51/50N), autoalimentado, con entrada de disparo exterior (p.ej. temperatura del T.Potencia), tipo ekorRPT.
- 3 Captadores de intensidad toroidales para protección de fase.
- 1 Captador de intensidad toroidal para protección homopolar.
- s/n Embarrado para 400 A.
- s/n Pletina de cobre de 30 x 3 mm para puesta a tierra de la instalación.
- s/n Accesorios y pequeño material.

*** TRANSFORMADORES:**

* TRANSFORMADOR 1000kVA (3 uds.)

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida en vacío de 420V entre fases y 242V entre fases y neutro(*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (AN), marca Schneider Electric, modelo TRIHAL, ref. JLJ3SE1000GZ, o equivalente, encapsulado en resina epoxy (aislamiento seco-clase F).

El transformador tendrá los bobinados de AT encapsulados y moldeados en vacío en una resina epoxi con carga activa compuesta de alúmina trihidratada, consiguiendo así un encapsulado ignifugado autoextinguible.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Los arrollamientos de A.T. se realizarán con bobinado continuo de gradiente lineal sin entrecapas, con lo que se conseguirá un nivel de descargas parciales inferior o igual a 10 pC. Se exigirá en el protocolo de ensayos que figuren los resultados del ensayo de descargas parciales.

Por motivos de seguridad en el centro se exigirá que los transformadores cumplan con los ensayos climáticos definidos en el documento de armonización HD 464 S1:

- Ensayos de choque térmico (niveles C2a y C2b),
- Ensayos de condensación y humedad (niveles E2a y E2b),
- Ensayo de comportamiento ante el fuego (nivel F1).

No se admitirán transformadores secos que no cumplan estas especificaciones. Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21538, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 1000 kVA.
- Tensión nominal primaria: 15/20 kV.
- Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 6 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:
 - Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 125 kV.
 - Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

(*)Tensiones según:

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada)(HD 472:1989)
- UNE 21538 (96)(HD 538.1 S1)

* TRANSFORMADOR 630 kVA (1UD.)

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 15/20 kV y la tensión a la salida en vacío de 420V entre fases y 242V entre fases y neutro(*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (AN), marca Schneider Electric, modelo TRIHAL, referencia JLJ3SE0630GZ, o equivalente, encapsulado en resina epoxy (aislamiento seco-clase F).

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

El transformador tendrá los bobinados de AT encapsulados y moldeados en vacío en una resina epoxi con carga activa compuesta de alúmina trihidratada, consiguiendo así un encapsulado ignifugado autoextinguible.

Los arrollamientos de A.T. se realizarán con bobinado continuo de gradiente lineal sin entrecapas, con lo que se conseguirá un nivel de descargas parciales inferior o igual a 10 pC. Se exigirá en el protocolo de ensayos que figuren los resultados del ensayo de descargas parciales.

Por motivos de seguridad en el centro se exigirá que los transformadores cumplan con los ensayos climáticos definidos en el documento de armonización HD 464 S1:

- Ensayos de choque térmico (niveles C2a y C2b),
- Ensayos de condensación y humedad (niveles E2a y E2b),
- Ensayo de comportamiento ante el fuego (nivel F1).

No se admitirán transformadores secos que no cumplan estas especificaciones. Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21538, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 630 kVA.
- Tensión nominal primaria: 15/20 kV.
- Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 6 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:
 - Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 125 kV.
 - Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

(*)Tensiones según:

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada)(HD 472:1989)
- UNE 21538 (96)(HD 538.1 S1)

*** CONEXIÓN EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN**

Los cuatro transformadores dispondrán de Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco HEPRZ1, aislamiento 12/20 kV, de 50 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

*** CONEXIÓN EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN**

Los cuatro transformadores dispondrán de Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RZ1, aislamiento 0,6/1 kV, de 3x(4x240) mm² Cu para las fases y de 1x(4x240) mm² Cu para el neutro.

*** DISPOSITIVO TÉRMICO DE PROTECCIÓN**

Los cuatro transformadores dispondrán de Equipo de sondas PT100 de temperatura y termómetro digital MB103, para protección térmica de transformador, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, protegidas contra sobreintensidades, instalados.

*** ALUMBRADO Y MECANISMOS**

En el interior del Centro de Transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Las luminarias estarán colocadas sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

En el plano correspondiente se ha reflejado el alumbrado normal y de emergencia, proyectado para el local.

Igualmente, se han previsto mecanismos de accionamiento del alumbrado, tipo conmutador simple, y varias tomas de corriente 2P16A+T.T.

Tanto las luminarias como los mecanismos serán de ejecución de superficie, estancos.

*** PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

Se ha previsto la instalación de un extintor manual de polvo polivalente ABC de 6 kG y un extintor manual de 5 KG de CO₂ de capacidad, eficacia 89 B, en cumplimiento de la normativa vigente MIE-RAT 14.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

* VENTILACIÓN DEL CT

La ventilación del centro de transformación se realizará de forma natural mediante las rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto.

Estas rejas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

La justificación técnica de la correcta ventilación del centro se encuentra en el apartado 1.12 Anexo de Cálculos.

* SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS

El local del CT dispondrá de banqueta aislante y guantes de goma homologados para la correcta ejecución de las maniobras, así como una placa de instrucciones para primeros auxilios.

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 60298, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.

1.11 PUESTA A TIERRA

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Tierra de protección

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

Tierra de Servicio

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida.

Tierras interiores

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

Fdo.:



Gustavo Álvarez Pérez
C.O.I.I.M Colegiado nº 6668

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

1.12 ANEXO DE CÁLCULO

INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN

En un sistema trifásico, la intensidad primaria I_p viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U = Tensión compuesta primaria en kV = 15 kV.

I_p = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

$$I_p = \frac{3 \times 1000 + 630}{\sqrt{3} * 15} = 139,72 A$$

Cable de conexión de alta entre protección y transformador.

Será de 50 mm² cuya intensidad dada por el fabricante es muy superior a la calculada, cumpliendo con la normativa.

INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN

En un sistema trifásico la intensidad secundaria I_s viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro.

W_{cu} = Pérdidas en los arrollamientos.

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0,4 kV.

I_s = Intensidad secundaria en Amperios.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Sustituyendo valores, tendremos:

$$I_{S_{100kVA}} = \frac{1000 - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} * 400} = 1.424,18A$$

$$I_{S_{630kVA}} = \frac{1000 - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} * 400} = 895,69A$$

La sección del cable de baja se selecciona en función de las especificaciones técnicas de lo especificado en el REBT.

CORTOCIRCUITOS

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

U = Tensión primaria en kV.

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión.

No es necesario calcularla ya que será menor que la calculada en el punto anterior.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} * \frac{U_{cc}}{100} * U_s}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U_{cc} = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.

U_s = Tensión secundaria en carga en voltios.

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

Cortocircuito en el lado de Alta Tensión

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con:

$$S_{cc} = 350 \text{ MVA}$$

$$U = 15 \text{ kV}$$

y sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de:

$$I_{ccp} = \frac{350}{\sqrt{3} * 15} = 13,47 \text{ kA}$$

Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

$$I_{ccs_{100kVA}} = \frac{1000}{\sqrt{3} * \frac{6}{100} * 400} = 24,06 \text{ kA}$$

$$I_{ccs_{630kVA}} = \frac{630}{\sqrt{3} * \frac{6}{100} * 400} = 15,16 \text{ kA}$$

Siendo:

- U_{cc}: Tensión de cortocircuito del transformador en tanto por ciento.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

- lccs: Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión.

DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Existirán rejillas de ventilación natural para garantizar la correcta ventilación del CT.

Para calcular la superficie de las rejillas de entrada y salida de aire utilizaremos las siguientes expresiones:

$$S_{re} = \frac{0,13 * (W_{cu} + W_{fe})}{\sqrt{H}}$$

$$S_{rs} = 1,10 * S_{re}$$

Siendo:

S_{re} = Superficie mínima de la rejilla de ventilación de entrada expresada en m^2 .

S_{rs} = Superficie mínima de la rejilla de ventilación de salida expresada en m^2 .

W_{cu} = Pérdidas debidas a la carga del transformador en kW a 120°C.

W_{fe} = Pérdidas en vacío del transformador en kW.

H = Distancia vertical entre centros de las rejillas = 2 m.

Datos de Pérdidas facilitadas por el fabricante:

Trafo de 1000 kVA – 13,3kW

Trafo de 630 kVA – 9,45kW

Nota: expresiones válidas para una temperatura máxima de 45°C, salto térmico de 25°C y una altitud máxima de 1000m.

Substituyendo los valores tendremos:

$$S_{re} = \frac{0,13 * (3 * 13,3 + 1 * 9,45)}{\sqrt{2}} = 4,54m^2$$

$$S_{rs} = 1,10 * 4,54 = 5,00m^2$$

Para entrada de aire se dispondrán rejillas en la fachada, y las puertas de acceso tanto del Centro de Transformación como del Centro de Seccionamiento serán de rejilla también.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

Investigación de las características del suelo

Según investigación previa del terreno, sobre el que se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de $20 \Omega m$.

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

El neutro de la red de distribución en Media Tensión estará conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del Centro, así como de las características de la red de MT.

Para un valor de resistencia de puesta a tierra del Centro de $1,5 \Omega$, la intensidad máxima de defecto a tierra es 200 Amperios y el tiempo de desconexión del defecto es inferior a 0,7 segundos, según datos proporcionados por la Compañía Eléctrica suministradora. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

$$K = 72 \text{ y } n = 1$$

Diseño preliminar de la instalación de tierra

*** TIERRA DE PROTECCIÓN**

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:

$$K_r = 0,0135 \Omega / (\Omega * m).$$

$$K_p = 0,0252 V / (\Omega * m * A).$$

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

La tierra de protección estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm² y una longitud de 2.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kr y Kp de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de Cu aislado de 0,6/1 kV, protegido contra daños mecánicos.

* TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:

$$K_r = 0,0135 \Omega / (\Omega * m).$$

$$K_p = 0,0252 V / (\Omega * m * A).$$

La tierra de servicio estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección.

Se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kr y Kp de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de Cu aislado de 0,6/1 kV, protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios ($37 * 0,650 = 24$).

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

de Baja Tensión. Dicha separación está calculada más adelante.

Cálculo de la resistencia del sistema de tierras

* TIERRA DE PROTECCIÓN

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (R_t), intensidad y tensión de defecto correspondientes (I_d , U_d), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r * \sigma$$

- Tensión de defecto, U_d :

$$U_d = I_d * R_t$$

Siendo:

$$\sigma = 20 \Omega m$$

$$K_r = 0,0135 \Omega / (\Omega * m).$$

$$I_d = 200 \text{ A.}$$

se obtienen los siguientes resultados:

$$R_t = 0,0135 * 20 = 0,27 \Omega$$

$$U_d = 200 * 0,27 = 54V$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d), por lo que deberá ser como mínimo de 2000 Voltios.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por ende no afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

* TIERRA DE SERVICIO

$$R_t = 0,0135 * 20 = 0,27 \Omega$$

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Se ve que el valor es inferior a 37Ω .

Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Los muros, entre sus paramentos tendrán una resistencia de 100.000Ω como mínimo (al mes de su realización).

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_p = K_p * \sigma * I_d = 0,0252 * 20 * 200 = 100,8V$$

Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a $0,30 \times 0,30$ m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos, preferentemente opuestos, a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.

En el caso de existir en el paramento interior una armadura metálica, ésta estará unida a la estructura metálica del piso.

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_{p\text{acceso}} = U_d = R_t * I_d = 0,27 * 200 = 54V$$

Cálculo de las tensiones aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar, según el

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Reglamento MIE-RAT, será:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

Siendo:

U_{ca} = Tensión máxima de contacto aplicada en Voltios.

$K = 72$.

$n = 1$.

t = Duración de la falta en segundos: 0,7 s

Así obtenemos el siguiente resultado:

$$U_{ca} = \frac{72}{0,7^1} = 102,86V$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$Up(\text{exterior}) = 10 \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{6 * \sigma}{1.000} \right)$$

$$Up(\text{acceso}) = 10 \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{3 * \sigma + 3 * \sigma h}{1.000} \right)$$

Siendo:

Up = Tensiones de paso en Voltios.

$K = 72$.

$n = 1$.

t = Duración de la falta en segundos: 0,7 s

σ = Resistividad del terreno.

σh = Resistividad del hormigón = 3.000 Ω m

Así obtenemos los siguientes resultados:

$$Up(\text{exterior}) = 1.152V$$

$$Up(\text{acceso}) = 10.347,4V$$

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

- en el exterior:

$$U_p = 100,8V < U_p(\text{exterior}) = 1.152V$$

- en el acceso al C.T.:

$$U_d = 54 < U_p(\text{acceso}) = 10.347,4V$$

Investigación de tensiones transferibles al exterior

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima D_{\min} , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\min} = \frac{\sigma * I_d}{2.000 * \pi}$$

Con:

$$\sigma = 20 \Omega.m$$

$$I_d = 200A$$

obtenemos el valor de dicha distancia:

$$D_{\min} = \frac{20 * 200}{2.000 * \pi} = 0,64m$$

Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían éstas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio, que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Fdo.:



Gustavo Álvarez Pérez
C.O.I.I.M Colegiado nº 6668

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

2. PLIEGO DE CONDICIONES

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Para la ejecución de las instalaciones se tomará como base todo lo indicado en el Capítulo IV del MT 2.03.20 “Normas Particulares para las Instalaciones de Alta Tensión (≤ 30 kV) y Baja Tensión – Ejecución y Recepción Técnica de las Instalaciones”, norma particular de IBERDROLA.

2.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES

Obra Civil

El local destinado a alojar en su interior la instalación eléctrica descrita en el presente proyecto, cumplirá las Condiciones Generales prescritas en las Instrucciones del MIE-RAT 14 del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, referentes a su situación, inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado y canalizaciones, etc.

El Centro será construido enteramente con materiales no combustibles.

Los elementos delimitadores del Centro (muros exteriores, cubiertas, solera, puertas, etc.), así como los estructurales en él contenidos (columnas, vigas, etc.) tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación DB-SI y los materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y techo) serán de clase MO de acuerdo con la Norma UNE 23727.

Tal como se indica en el capítulo de Cálculos, los muros del Centro deberán tener entre sus paramentos una resistencia mínima de 100.000 ohmios al mes de su realización. La medición de esta resistencia se realizará aplicando una tensión de 350 V entre dos placas de 100 cm² cada una.

El Centro tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmitan niveles sonoros superiores a los permitidos por las Ordenanzas Municipales. Concretamente, no se superarán los 30 dBA durante el periodo nocturno (y los 55 dBA durante el periodo diurno).

Ninguna de las aberturas del Centro será tal que permita el paso de cuerpos sólidos de más de 12 mm de diámetro. Las aberturas próximas a partes en tensión no permitirán el paso de cuerpos sólidos de más de 2,5 mm de diámetro, y además existirá una disposición laberíntica que impida tocar el objeto o parte en tensión.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Aparamenta de Alta Tensión

Las celdas a emplear serán modulares, equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre (SF₆) como elemento de corte y extinción.

Serán celdas de interior y su grado de protección según la Norma 20-324-94 será IP 30 en cuanto a la envolvente externa.

Los cables se conectionarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra) asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo de interruptor y seccionador de puesta a tierra.

El interruptor será en realidad interruptor-seccionador. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

*** CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS**

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos:

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mandos.
- e) Compartimento de control.

que se describen a continuación.

- a) Compartimento de aparellaje.

Estará relleno de SF₆ y sellado de por vida según se define en el anexo GG de la recomendación CEI 298-90. El sistema de sellado será comprobado individualmente en

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años).

La presión relativa de llenado será de 0,4 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento aparellaje estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serían canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El seccionador de puesta a tierra dentro del SF₆, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA.

El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

b) Compartimento del juego de barras.

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexas mediante tornillos de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2,8 mdaN.

c) Compartimento de conexión de cables.

Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado.

Las extremidades de los cables serán:

- Simplificadas para cables secos.
- Termorretráctiles para cables de papel impregnado.

d) Compartimento de mando.

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

- Contactos auxiliares.

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el centro.

e) Compartimento de control.

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

*** CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

- Tensión nominal	24 kV
- Nivel de aislamiento:	
a) a la frecuencia industrial de 50 Hz	50 kV ef. 1mn
b) a impulsos tipo rayo	125 kV cresta
- Intensidad nominal funciones línea	630 A
- Intensidad nominal otras funciones	200/400 A
- Intensidad de corta duración admisible	16 kA ef. 1s

*** INTERRUPTORES-SECCIONADORES**

En condiciones de servicio, además de las características eléctricas expuestas anteriormente, responderán a las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito:	40 kA cresta
- Poder de corte nominal de transformador en vacío:	16 A
- Poder de corte nominal de cables en vacío:	25 A
- Poder de corte (sea por interruptor-fusibles o por interruptor automático):	16 kA ef

*** CORTACIRCUITOS-FUSIBLES**

En el caso de utilizar protección ruptorfusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de esta memoria. Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN-43.625.

*** PUESTA A TIERRA**

La conexión del circuito de puesta a tierra se realizará mediante pletinas de cobre de 25 x 5 mm, conectadas en la parte posterior superior de las cabinas formando un colector único.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Transformadores

Los transformadores a instalar serán trifásicos, con neutro accesible en B.T., refrigeración natural, encapsulado en resina epoxy, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria.

Equipos de medida

El equipo de medida estará compuesto de los transformadores de medida ubicados en la celda de medida de A.T. y el equipo de contadores de energía activa y reactiva ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Las características eléctricas de los diferentes elementos están especificada en la memoria.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardado las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en la celda. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

*** CONTADORES**

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente. Sus características eléctricas están especificadas en la memoria.

*** CABLEADO**

La conexión de los secundarios de los transformadores de medida a los dispositivos de comprobación ubicados en el armario de contadores, se realizará con cable flexible unipolar, de cobre, con aislamiento termoplástico, sin solución de continuidad entre los dos extremos.

Los cables serán de aislamiento en PVC 0,6/1kV con designación RZ1-K 0,6/ 1 kV 1 x 6. La sección de éstos será de 6 mm² hasta una distancia entre extremos de 20m.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

Los cables transcurrirán por dos tubos rígidos preferentemente de acero sin soldadura tamaño PG32 uno para circuitos de intensidad y el otro para las tensiones. En tramos cortos se podrá utilizar tubo flexible de acero.

Para asegurar la conexión de los conductores a los bornes de los secundarios los transformadores de medida y a los dispositivos de comprobación, se utilizarán terminales metálicos, debidamente montados para garantizar su contacto eléctrico y sin alterar sensiblemente la resistencia eléctrica del conductor.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrá en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la Compañía Suministradora.

2.2 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de IBERDROLA.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

2.3 PRUEBAS REGLAMENTARIAS

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

2.4 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

* PREVENCIÓNES GENERALES

- Queda terminantemente prohibida la entrada en el local del centro a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
- Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "peligro de muerte".
- En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro, como banqueta, guantes, etc.
- No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro y en caso de incendio no se empleará nunca agua.
- No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.
- Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.
- En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro, para su inspección y aprobación, en su caso.

* PUESTA EN SERVICIO

- Se conectará primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

- Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

*** SEPARACIÓN DE SERVICIO**

- Se procederá en orden inverso al determinado en apartado 8, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.
- Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.
- Si una vez puesto el centro fuera de servicio se desea realizar un mantenimiento de limpieza en el interior de la apartamenta y transformadores no bastará con haber realizado el seccionamiento que proporciona la puesta fuera de servicio del centro, sino que se procederá además a la puesta a tierra de todos aquellos elementos susceptibles de ponerlos a tierra. Se garantiza de esta forma que en estas condiciones todos los elementos accesibles estén, además de seccionados, puestos a tierra. No quedarán afectadas las celdas de entrada del centro cuyo mantenimiento es responsabilidad exclusiva de la compañía suministradora de energía eléctrica.
- La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

*** PREVENCIÓNES ESPECIALES**

- No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.
- Para transformadores con líquido refrigerante (aceite o silicona) no podrá sobrepasarse un incremento relativo de 60K sobre la temperatura ambiente en dicho líquido. La máxima temperatura ambiente en funcionamiento normal está fijada, según norma CEI 76, en 40°C, por lo que la temperatura del refrigerante en este caso no podrá superar la temperatura absoluta de 100°C.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

- Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

2.5 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

2.6 LIBRO DE ÓRDENES

Se dispondrá en este centro del correspondiente libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

Fdo.:



Gustavo Álvarez Pérez
C.O.I.I.M Colegiado nº 6668

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

3. NORMAS COMPAÑÍA SUMINISTRADORA

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

El artículo 3º de la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico otorga a la Administración General del Estado competencias específicas en las instalaciones eléctricas que su aprovechamiento afecte a más de una Comunidad Autónoma o el transporte y distribución salga del ámbito territorial de una de ellas. Entre las competencias conferidas a la Administración General del Estado se encuentran la de establecer requisitos mínimos de calidad y seguridad que han de regir el suministro de energía eléctrica, junto con la de impartir instrucciones relativas a la ampliación, mejora y adaptación de las redes e instalaciones eléctricas de transporte y distribución (apartados 1.i y 2.b respectivamente del artículo 3º de la Ley 54/1997).

Por su parte, el artículo 7º del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (R.D. 3275/1982) prevé que las Empresas Suministradoras de energía eléctrica puedan proponer normas particulares que fijen las condiciones técnicas específicas para que las instalaciones privadas se adapten a la estructura de sus redes y a las prácticas de su explotación.

En la redacción de este proyecto se han tenido en cuenta las normas particulares de la Compañía Suministradora IBERDROLA, que han sido inscritas en los registros de la Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial:

- **23727** – Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción o clasificación de los materiales utilizados en la construcción.
- **MTDYC 2.11.03** - Proyecto tipo centro de transformación en edificio de otros usos (planta baja, sótano).
- **MTDYC 2.11.30** – Criterios de diseño de puesta a tierra de los centros de transformación.
- **MTDYC 3.51.01** – Criterios de adquisición de información en las instalaciones por los centros de control.
- **NI.50.20.03** – Herrajes, puertas, tapas, rejillas y escaleras para centros de transformación.
- **NI.50.42.03** – Aparamenta bajo envolvente metálica hasta 36 kV en instalaciones de interior (CMR y CT especiales).

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO,
UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID

UNED

MEMORIA

FEBRERO 2011

- **NI.52.92.03** – Tubos de plástico corrugados para canalizaciones de redes subterráneas (exentos de halógenos).
- **NI.52.95.20** – Tubos de plástico y sus accesorios (exentos de halógenos) para canalizaciones de redes subterráneas de telecomunicaciones.
- **NI.56.43.01** - Cables unipolares con aislamiento seco de etileno propileno de alto módulo y cubierta de poliolefina (HEPRZ1) para redes de AT hasta 30 kV.
- **NI.56.80.02** - Accesorios para cables subterráneos de tensiones asignadas de 12/20 (24) kV hasta 18/30 (36) kV. Cables con aislamiento seco.
- **NI.56.88.01** – Accesorios para cables aislados con conductores de aluminio para redes subterráneas de 0,6/1 kV.
- **NI.58.20.71** – Piezas de conexión para cables subterráneos de baja tensión.
- **NI.77.02.01** – Equipos de alimentación para telecontrol en centros de maniobra y reparto y transformación (CMR y CT) de 48 y 12 Vcc.
- **MT.2.00.03** - Normativa particular para instalaciones de clientes en A.T.
- **MT.2.03.20** - Normas particulares para instalaciones de alta tensión (hasta 30 kV) y baja tensión.

y demás normas particulares de aplicación.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO, UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA UNED EN C/ JUAN DEL ROSAL Nº14, MADRID		
---	--	--

UNED	MEMORIA	FEBRERO 2011
------	---------	--------------

4. PLANOS

Se adjuntan los siguientes planos:

1. CT-01 Plano de situación
2. CT-02 Plano de la instalación en planta, alzado y esquema unifilar

CT-01

El plano de situación indica donde están ubicados el Centro de Transformación existente y el Centro de Transformación nuevo.

CT-02

El plano refleja el estado final definitivo del Centro de Transformación, en planta general, alzado y el esquema unifilar.