

**CENTROS DE TRANSFORMACION
PREFABRICADOS, DE OBRA Y
TIPO INTEMPERIE**

Centros de Transformación prefabricados, de obra y tipo intemperie.

DMELECT, S.L.

Copyright © 1991, 2009. Todos los derechos reservados.

DMELECT, S.L.

C/General Alvear, 4, 3º B

04800 Albox (Almería)

Tlfno: 950 120757; Fax: 950 120891

<http://www.dmelect.com>

e-mail:info@dmelect.com

Índice

Introducción

Requerimientos del sistema	6
---	---

Campo de aplicación del programa	6
---	---

Organización del manual	6
--------------------------------------	---

Información General

Filosofía general de trabajo del programa	8
--	---

Descripción Básica del Programa	8
---------------------------------------	---

Filosofía de Trabajo	16
----------------------------	----

Ejemplos prácticos resueltos	22
---	----

Ejemplo de Centro de Transformación tipo Interior Prefabricado	22
--	----

Ejemplo de Centro de Transformación tipo Interior Obra	24
--	----

Ejemplo de Centro de Transformación tipo Intemperie	27
---	----

Establecimiento de las Condiciones Generales de un proyecto	29
--	----

Ventana de Datos y Parámetros de Componentes	34
---	----

Manipulación o edición gráfica	39
---	----

Manejo de errores del proyecto	40
---	----

Salidas o Resultados	41
-----------------------------------	----

Comandos

Menú Proyecto	42
----------------------------	----

Nuevo	43
-------------	----

Abrir	43
-------------	----

Salvar	43
--------------	----

Salvar Como	43
-------------------	----

Cargar Imagen de fondo	43
------------------------------	----

Condiciones Generales	43
-----------------------------	----

Bases de Datos	43
----------------------	----

Cambiar Editor	45
----------------------	----

Presentación Previa	45
---------------------------	----

Imprimir	45
----------------	----

Fijar escala de impresión	45
---------------------------------	----

Salir	45
-------------	----

Menú Edición	46
---------------------------	----

Deshacer	46
----------------	----

Modo Selección	46
----------------------	----

Modo Orto	46
-----------------	----

Rotar	46
-------------	----

Borrar	46
--------------	----

Menú Ver	47
-----------------------	----

Barra de Botones	47
------------------------	----

Envoltentes	47
-------------------	----

Celdas	47
--------------	----

Herramientas	47
--------------------	----

Índice

Planos	47
Ventana de Resultados de Intensidades	47
Ventana de Resultados de P.A.T.	47
Mensajes	48
Zooms	48
Vista global	48
Imagen de fondo	48
Cambiar color de fondo	48
Menú Componentes	49
Centro de transformación interior prefabricado	49
Centro de transformación interior obra	50
Centro de transformación tipo intemperie	50
Menú Cálculos	52
Proyecto	52
Menú Resultados	53
Memoria Descriptiva	53
Anexo de Cálculos	53
Pliego de Condiciones	53
Medición	54
Esquemas DXF	54
Menú Ayuda	55
Apéndice	
Resumen de fórmulas	57

Introducción

- **Requerimientos del sistema**
- **Campo de aplicación del programa**
- **Organización del manual**

Requerimientos del sistema

La configuración mínima para el uso del programa es:

- Ordenador personal compatible con procesador Pentium o superior.
- Sistema operativo Windows 95, Windows 98, Windows Millenium, Windows NT 4.0., Windows 2000, Windows XP o superiores.
- 32 Mb de memoria RAM mínima y 64 Mb recomendada.
- Unidad de CD-ROM.
- Pantalla gráfica Súper VGA (800x600) o superior compatible con Windows.
- Ratón o elemento señalador compatible con Windows.
- Impresora y/o plóter, compatibles con Windows.

Campo de aplicación del programa

Este programa ha sido diseñado para calcular *centros de transformación de interior (prefabricados y obra) y tipo intemperie*, conectados a redes de 3ª categoría.

Organización del manual

En el **Índice** del Manual se muestran de forma genérica todos los temas de los cuales es posible obtener información, en mayor o menor proporción.

Resulta conveniente, antes de comenzar el cálculo de centros de transformación, leer todo el manual, con el fin de obtener un buen uso, manejo y rendimiento del programa, además de adquirir unos conocimientos técnicos mínimos con los cuales poder empezar a trabajar.

En Introducción se define el campo de aplicación de este programa y la organización del manual. La **Información General** es un tema de obligada lectura antes de comenzar a manejar el programa, pues en ella se muestran las pautas generales de trabajo (incluso con ejemplos resueltos) y se obtiene una descripción básica del programa.

En Comandos existe una descripción minuciosa de cada uno de los campos que engloba el programa. Se ha desarrollado un Apéndice Técnico con el resumen de fórmulas empleadas.

Información general

- **Filosofía general de trabajo del programa**
- **Ejemplos prácticos resueltos**
- **Establecimiento de las Condiciones Generales de un proyecto**
- **Ventana de Datos y Parámetros de Componentes**
- **Manipulación o Edición Gráfica**
- **Manejo de Errores del proyecto**
- **Salidas o Resultados**

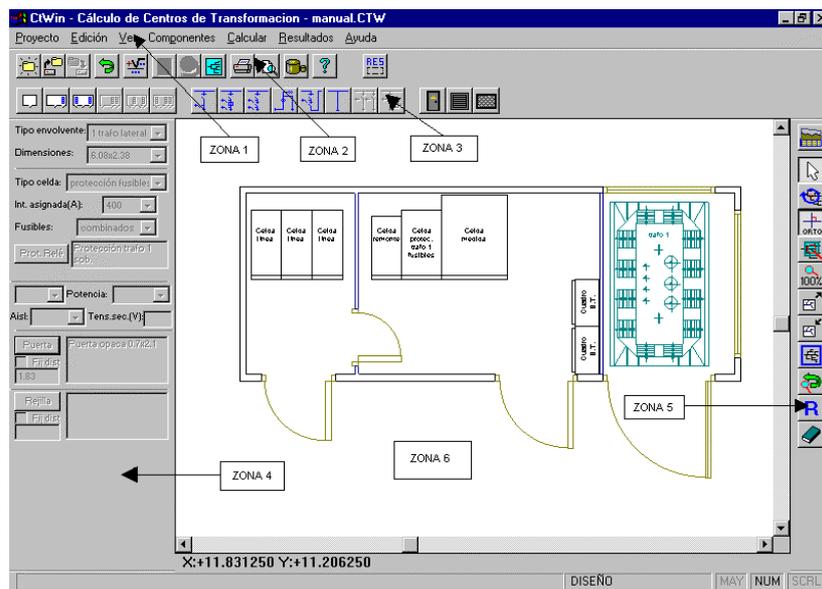
Filosofía general de trabajo del programa

Descripción Básica del programa

El funcionamiento del programa CT es muy intuitivo, el usuario sólo debe pensar la operación que desea ejecutar y transmitírsela directamente al programa activando el comando necesario o actuando sobre la zona de edición gráfica.

A grandes rasgos el programa presenta seis zonas bien diferenciadas, las cuales quedan descritas a continuación:

- Zona 1: *Menú General* de opciones.
- Zona 2: *Botonera* de acceso directo a los comandos más usuales.
- Zona 3: Paletas de *Componentes*.
- Zona 4: Ventana de *Datos y Parámetros* de los componentes.
- Zona 5: Paleta de *Herramientas*.
- Zona 6: Zona de *edición gráfica*.



Zona 1 - Menú General

Engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa. Se encuentra en la parte más alta de la pantalla.

Proyecto - Edición - Ver - Componentes - Calcular - Resultados - Ayuda

El **Menú Proyecto** recoge las opciones de crear un proyecto nuevo, abrir un proyecto existente, salvar un proyecto a disco, salvar un proyecto existente con otro nombre diferente al que se identificó por primera vez (salvar como) y así tener dos proyectos iguales con nombres diferentes, cargar una imagen de fondo con el fin de poder tener una plantilla (por ejemplo, la distribución de una edificación) que sirva de referencia a la hora de diseñar el centro de transformación, acceder a las condiciones generales del proyecto que se vaya a realizar o a las bases de datos del programa, cambiar el editor de textos que lleva el programa por defecto y dar la posibilidad de visualizar la memoria descriptiva, el anexo de cálculo, la medición y el pliego de condiciones en otro elegido por el usuario (word, wordperfect, etc.), hacer una presentación previa de los planos antes de la salida directa a impresora o a ploter, imprimir el gráfico que se esté viendo en ese momento en la zona de edición gráfica, incluso fixar la escala de impresión, y salir del programa.

El **Menú Edición** recoge las opciones gráficas del programa, permitiendo deshacer operaciones realizadas, acceder al modo selección, que permite tener acceso a todas las demás opciones desarrolladas en el programa, o acceder a la zona de edición gráfica con el fin de seleccionar componentes y poder cambiarles propiedades o aplicarles directamente las opciones gráficas descritas, trabajar en modo orto a la hora de introducir paredes o rejillas protectoras en la zona de edición gráfica, o sea, siguiendo siempre los ejes X e Y de un sistema tradicional de coordenadas cartesianas (similar a los programas de diseño asistido por ordenador), rotar o borrar todos aquellos componentes seleccionados en la zona de edición gráfica (reflejados en azul).

El **Menú Ver** permite activar o desactivar la barra de botones, con las funciones más usuales de trabajo, la paleta de componentes, con todos los bloques gráficos, y la paleta de herramientas, con opciones gráficas y de visión muy útiles. Permite mostrar además los planos del centro de transformación, las ventanas de resultados y mensajes, una vez calculado un proyecto, ejecutar cualesquiera de las opciones de visión (zooms) que presenta el programa, mostrar la vista global con las dimensiones generales del dibujo que se está visualizando en pantalla, observar o hacer que desaparezca la imagen de fondo, si había sido cargada con anterioridad, y cambiar el color de fondo de la zona de edición gráfica, permutando de color blanco a negro.

El **Menú Componentes** permite introducir, en la zona de edición gráfica, todos los bloques gráficos que existen comúnmente en un centro de transformación.

En el *centro de transformación tipo "interior prefabricado"* la envolvente seccionamiento  se utiliza para definir un centro donde sólo existen celdas A.T., sin trafos ni aparataje B.T., la envolvente 1 trafa lateral  se utiliza para definir un centro de transformación con un solo trafa, ubicado en el lateral derecho, la envolvente 2 trafos laterales  se utiliza para definir un centro de transformación con 2 trafos, uno a la derecha y otro a la izquierda, la envolvente 2 trafos 1 lado  se utiliza para definir un centro de transformación con 2 trafos, ambos a la derecha, la envolvente 2 trafos lateral-intermedio  se utiliza para definir un centro de transformación con 2 trafos, uno en el centro y otro a la derecha, la envolvente 3 trafos  se utiliza para definir un centro de transformación con 3 trafos, dos a la derecha y uno a la izquierda.

En el *centro de transformación tipo "interior obra"* la envolvente de obra rectangular  se utiliza para definir la habitación donde se va a ubicar el C.T., el muro o pared  representa las divisiones interiores de obra que posea el C.T. y el pilar  refleja los elementos estructurales verticales de la edificación, si los hubiera.

Para los *dos tipos de centros* indicados, la puerta  se utiliza para definir los huecos de acceso a peatones y trafos, la rejilla de ventilación  representa los huecos de entrada y salida de aire, la rejilla de separación abonado-compañía  es un paramento metálico que divide el centro en dos partes, una propiedad de la compañía y otro propiedad del abonado, la rejilla de protección transformador  es una malla metálica que protege a los usuarios del CT contra contactos accidentales con partes en tensión del trafa, el transformador o trafa  es el equipo de potencia de la instalación, elemento reductor de tensión, y el cuadro B.T.  representa el armario donde se ubican las salidas de los circuitos B.T. La celda de línea  representa la entrada o salida de líneas A.T., la celda de protección con fusibles  y celda de protección con automático  incluyen los elementos de protección del trafa contra sobrecargas, la celda de medida  contabiliza la energía consumida por el abonado, la celda de seccionamiento  permite interrumpir el flujo eléctrico de una parte a otra del embarrado, la celda de remonte de cables  protege la subida de conductores A.T. al embarrado general de las celdas, la celda de conmutación automática  permite obtener el suministro eléctrico desde la compañía suministradora o desde un grupo generador, y la celda de línea con autoválvulas  es una celda de línea con protección a sobretensiones. La opción Reserva de elementos  permite reservar el espacio correspondiente a trafos, celdas, cuadros B.T. y rejillas.

En el *centro de transformación tipo "intemperie"* el seccionamiento  se utiliza para interrumpir el paso de energía eléctrica o proteger la línea aérea, sin incluir trafos ni aparataje B.T., el entronque aérea subterráneo  representa el paso de una línea aérea a una subterránea, el CT Intemperie  es un centro de transformación completo ubicado sobre un poste, y el CT Compacto  es un centro de transformación completo, con los elementos de protección o corte ubicados sobre un poste y el equipo de potencia y aparataje B.T. ubicados al nivel del terreno, bajo el poste. La cadena amarre  representa la cadena de aisladores que recibe la línea aérea, el soporte cadena hilo central  es una cadena de suspensión utilizada para sostener el conductor central de la línea aérea cuando pasa de una cara del apoyo a otra, el seccionador con fusibles de expulsión tipo XS cut-out  es un seccionador que incorpora un elemento de protección a

Información General

sobreintensidades, el seccionalizador  es un elemento capaz de contar el número de disparos del interruptor de cabecera y provocar la apertura automática cuando la falta permanezca, el seccionador  permite abrir o cerrar la línea eléctrica estando ésta en vacío, el seccionador con fusibles unipolares  es un seccionador que incorpora un elemento de protección a sobreintensidades, los fusibles unipolares  se utilizan para proteger el transformador contra sobreintensidades, las autoválvulas pararrayos  protegen toda la instalación contra sobretensiones, el transformador  es el equipo de potencia, reductor de tensión, el cuadro de B.T.  incorpora las protecciones de los circuitos de salida B.T., y la botella terminal  es el elemento que permite conectar los conductores de la línea aérea con la subterránea.

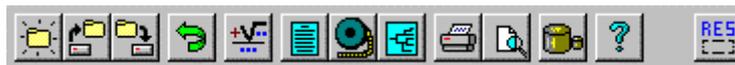
El **Menú *Calcular*** permite calcular el proyecto completo, con obtención automática de intensidades A.T. y B.T., puestas a tierra, etc.

El **Menú *Resultados*** da la opción de ver la Memoria Descriptiva y Anexo de Cálculos del proyecto, el Pliego de Condiciones y la Medición completa, a la vez que generarlos en formato RTF para ser leídos desde cualquier tratamiento de textos, y generar los Planos completos del C.T. en formato DXF para rescatar desde un programa de diseño asistido por ordenador (CAD) o tratamiento de textos.

El **Menú *Ayuda*** permite obtener información, en mayor o menor detalle, de todas las funciones y opciones desarrolladas en el programa.

Zona 2 - Barra de Botones

Permite tener acceso directo a las *funciones más usuales* desarrolladas en el programa. Se encuentra justo debajo del menú general.



Todas ellas se encuentran a su vez ubicadas en el Menú General, sin embargo, se incorporan en esta zona con el fin de agilizar los procesos más usuales.



Comenzar un proyecto nuevo.



Abrir un proyecto existente.



Salvar un proyecto a disco.



Deshacer operaciones ya efectuadas.



Calcular el proyecto completo.



Visualizar el anexo de cálculo del proyecto y a la vez generarlo en fichero RTF para ser leído desde un tratamiento de textos.



Visualizar la medición del proyecto y a la vez generarla en fichero RTF para ser leída desde un tratamiento de textos.



Obtener los planos del CT completo en fichero DXF para ser leídos desde un programa de diseño asistido por ordenador (CAD) o un tratamiento de textos.



Imprimir la zona gráfica que se esté viendo en ese momento.



Obtener una presentación previa de los planos antes del lanzamiento directo a impresora o a ploter.



Acceder a las bases de datos del programa, para su consulta, manipulación o ampliación.



Acceder a la ayuda del programa.



Reservar el espacio correspondiente a trafos, celdas, cuadros B.T. y rejillas separadoras o de protección.

Zona 3 - Paleta de Componentes

Refleja todos los *componentes o bloques gráficos* necesarios para la definición del centro de transformación. Se encuentra debajo del menú general y de la barra de botones.

Centro de Transformación Interior Prefabricado



Tipo de envolventes prefabricadas de hormigón

-  Envolvente seccionamiento, distribución o reparto.
-  Envolvente 1 trafa en lateral derecho.
-  Envolvente 2 trafos en lateral derecho e izquierdo.
-  Envolvente 2 trafos en lateral derecho.
-  Envolvente 2 trafos en el centro y lateral derecho.
-  Envolvente 3 trafos, dos en lateral derecho y uno en izquierdo.

Tipo de celdas metálicas prefabricadas

-  Celda de línea, entrada o salida.
-  Celda de protección con fusibles.
-  Celda de protección con automático.
-  Celda de medida A.T.
-  Celda de seccionamiento o interruptor.
-  Celda de remonte de cables A.T.
-  Celda de conmutación automática.
-  Celda de línea con autoválvulas pararrayos.

Componentes adicionales

-  Puerta adicional acceso peatones a zona de compañía.
-  Rejilla adicional de ventilación.
-  Rejilla separación abonado-compañía.

Información General

Centro de Transformación Interior Obra



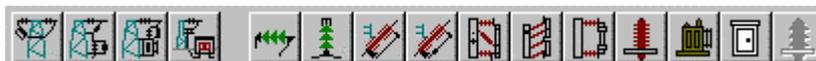
Bloques o elementos gráficos

-  Envoltorio de obra rectangular.
-  Muro o pared de obra para realizar divisiones interiores.
-  Pilar.
-  Puerta acceso a peatones o transformadores.
-  Rejilla de ventilación del local.
-  Rejilla metálica para protección de trazo.
-  Rejilla metálica para separación abonado-compañía.
-  Transformador reductor de tensión.
-  Cuadro o armario B.T.

Tipo de celdas metálicas prefabricadas

* Idénticas al CT interior prefabricado.

Centro de Transformación tipo Intemperie



Tipo de centro

-  Seccionamiento o protección.
-  Entronque aéreo-subterráneo.
-  Centro de transformación tipo intemperie, sobre poste.
-  Centro de transformación compacto, bajo poste.

Aparatos A.T.

-  Cadena amarre.
-  Soporte cadena hilo central.
-  Seccionador con fusibles de expulsión tipo XS cut-out.
-  Seccionalizador.
-  Seccionador.

 Seccionador con fusibles unipolares.

 Fusibles unipolares.

 Autoválvulas pararrayos.

 Transformador sobre poste.

 Botella terminal.

Aparamenta B.T.

 Cuadro B.T.

Zona 4 - Ventana de Datos y Parámetros de Componentes

Es utilizada en el proceso de *introducción de Componentes* o en la *modificación* de los valores de éstos. Se encuentra en la zona vertical izquierda de la pantalla.

Centro de Transformación Interior Prefabricado

Tipo envolvente:	1 trafo lateral
Dimensiones:	6.08x2.38
Tipo celda:	protección fusibles
Int. asignada(A):	400
Fusibles:	combinados
Prot. Relé	Protección trafo 1 sob.
trafo 1	Potencia: 400
Aisl: aceite	Tens.sec.(V): 380
Puerta	Puerta opaca 1x2.1
<input type="checkbox"/> Fij dist	
1.64	
Rejilla	Rejilla simple
<input type="checkbox"/> Fij dist	R.Inf: ds= 1/1x1.75
3.5	

La opción tipo envolvente sirve para modificar el tipo de envolvente prefabricada elegida de inicio, las dimensiones representan el largo y ancho exterior de la envolvente, pudiendo ser modificadas por otras normalizadas según el fabricante seleccionado, la opción tipo celda permite cambiar la función de la celda seleccionada, la intensidad asignada representa la mayor intensidad que soporta la celda prefabricada, los fusibles pueden ser combinados (la fusión del fusible provoca la apertura del interruptor) o asociados (la fusión del fusible no provoca la apertura del interruptor), la opción protección Relé permite seleccionar la finalidad de la celda de protección y las características de dicha protección, el trafo se utiliza para definir el equipo de potencia de la instalación, así como su potencia, su aislamiento y su tensión secundaria, la puerta representa el hueco de acceso para peatones y trafos, pudiendo fijarse la distancia al extremo de la pared donde se va a ubicar, y la rejilla sirve para ventilar el local.

Centro de Transformación Interior Obra

<input type="checkbox"/> Fij. Envol.(m):	Lx: 8.75	Ly: 4.3
Ancho:	0.25	Alto: 3
<input type="checkbox"/> F.I. Muro:	2.3	An: 0.1
Al: 2.7		
Pilar(m):	Lx: 0.3	Ly: 0.3
Al: 2.7		
Tipo celda:	protección fusible:	
Int. asignada(A):	400	
Fusibles:	combinados	
Prot. Relé	Protección sob.	
trafo 1	Potencia: 25	
Aist: aceite	Tens.sec.(V): 380	
Puerta	Puerta opaca 1x2.1	
<input type="checkbox"/> Fij dist	3.61	
Rejilla	Rejilla simple	
<input type="checkbox"/> Fij dist	R.Inf: ds= 1x1.26x0.75	
	1.59	

La opción Fijar Envolvente permite prefijar las dimensiones exteriores de la envolvente de obra (largo Lx, ancho Ly), así como el ancho y alto del cerramiento exterior. La opción Fijar longitud Muro sirve para prefijar la longitud de una división interior, así como el ancho y alto de dicha tabiquería. De la misma manera se puede definir el largo Lx, ancho Ly y alto de un pilar. El resto de opciones son idénticas al CT prefabricado interior.

Centro de Transformación tipo Intemperie

Tipo:	C.T. Intemperie
Apoyo:	Celosía metálico
Cad. amarre:	Grapa hacia abajo
Elementos de protección o corte:	Seccionador con fusibles expuls
Int. asignada(A):	200
Tipo sec:	
Tipo fusibles:	
Potencia aguas abajo(kVA):	
Potencia trafo(kVA):	50

La opción tipo sirve para modificar el tipo centro elegido de inicio, el apoyo puede ser de diferentes constituciones (celosía, presilla u hormigón vibrado), la cadena de amarre puede tener la grapa hacia arriba o hacia abajo, una vez definido un elemento de protección o corte puede ser sustituido por otro cualquiera sin necesidad de ser borrado, la intensidad asignada representa la mayor intensidad de paso para la cual se ha fabricado y ensayado el aparato, el tipo seccionador permite seleccionar la disposición de éste sobre el apoyo y su polaridad, el tipo fusibles hace referencia a la disposición de los fusibles unipolares sobre el apoyo, la potencia aguas abajo sirve para definir el consumo total de la línea (apoyos de seccionamiento o protección y entronque) y la potencia trafo define al equipo de potencia de la instalación en CT intemperie o compactos (sólo existe un trafo).

Zona 5 - Paleta de Herramientas

Permite tener acceso directo a las *operaciones más usuales* de edición gráfica y visualización del centro de transformación. Se encuentra en la zona vertical derecha de la pantalla.



Todas ellas se encuentran a su vez ubicadas en el Menú General, sin embargo, se incorporan en esta zona con el fin de agilizar estos procesos.



Ver Planos. Se utiliza para observar los planos del centro de transformación, con los alzados, secciones, planta, esquemas unifilares, puestas a tierra, etc.



Modo Selección. Es el modo usual de trabajo, pues permite tener acceso a todas las demás opciones desarrolladas en el programa, o acceder a la zona de edición gráfica, con el fin de seleccionar componentes, para poder cambiarles propiedades o aplicarles directamente todas las opciones gráficas.



Rotar. Esta opción permite rotar los trafos, celdas y cuadros de B.T., tanto en la fase de introducción como una vez insertados en la zona gráfica.



Modo Orto. Permite introducir los elementos constructivos (muros, etc) en la zona de edición gráfica siguiendo siempre los ejes X e Y de un sistema tradicional de coordenadas cartesianas (similar a los programas de diseño asistido por ordenador).



Zoom Ventana. Permite obtener una visión más amplia de una zona en concreto; para ello basta seleccionar dos puntos, diagonalmente opuestos, de esta ventana.



Zoom 100 %. Permite obtener una visión al 100 %.



Zoom incrementa y decrementa. Esta opción aumenta o disminuye progresivamente el dibujo del centro.



Zoom todo. Permite obtener la visión más amplia de todo el plano.



Zoom previo. Permite obtener una visión anterior.



Redibuja. Esta opción limpia toda la pantalla gráfica y la muestra en su estado definitivo.



Borrar. Esta opción permite borrar todos los componentes seleccionados (reflejados en azul).

Zona 6 - Zona de Edición Gráfica

Información General

Es la zona donde se desarrolla el diseño del centro de transformación, pinchando directamente con el botón izquierdo del ratón (hacer un click) sobre un tipo de componente de la paleta y, tras definir los datos y parámetros, hacer un segundo click en el lugar deseado por el usuario de la zona de edición gráfica.

Filosofía de trabajo

Criterio de diseño

Los Centros de Transformación pueden ser instalados en el interior de edificaciones o en el exterior, a la intemperie.

Los **CT de interior** se instalan en edificios independientes o en edificios destinados a otros usos, pero sus dimensiones deberán permitir:

- El movimiento y colocación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación.
- La ejecución de las maniobras propias de la explotación en condiciones óptimas de seguridad para las personas que las realicen.
- El mantenimiento del material, así como la sustitución de cualquiera de los elementos que constituyen el mismo sin necesidad de proceder al desmontaje o desplazamiento del mismo.

Las dimensiones de los pasillos serán las siguientes:

- Para pasillos de maniobra:
 - Con elementos en tensión a un solo lado: 1 m.
 - Con elementos en tensión a ambos lados: 1,2 m.
- Para pasillos de inspección:
 - Con elementos en tensión a un solo lado: 0,8 m.
 - Con elementos en tensión a ambos lados: 1 m.

Los valores que se indican deberán ser totalmente libres, es decir, medidos entre las partes más salientes que pudieran existir. En cualquier caso, los pasillos deberán estar libres de todo obstáculo hasta una altura de 2,30 m.

Deberán poseer ventilación natural para la renovación del centro, y la altura entre la entrada y salida del aire será máxima. Las dimensiones de las rejillas dependerán de las potencias de los transformadores.

Los centros de transformación situados en edificios independientes suelen alojarse en espacios abiertos, en zonas rurales, urbanizaciones, polígonos industriales, etc, en locales construidos especialmente para su instalación (normalmente edificios prefabricados en envoltorio de hormigón).

Los centros de transformación también pueden instalarse en edificios destinados a otros usos, alojándose en locales exclusivamente dedicados a estas instalaciones (normalmente recintos de obra civil en planta baja de edificios).

Los **CT tipo Intemperie** se instalan sobre apoyos, no superando los 160 kVA cuando sean de empresa. La protección contra cortocircuitos y/o sobrecargas se realiza, en la mayoría de las ocasiones, por medio de fusibles de expulsión XS de a.p.r. montados sobre seccionadores tipo cut-out. La protección contra descargas o sobretensiones de origen atmosférico se realiza por medio de autoválvulas.

Los **CT en punta** tienen únicamente una línea de alimentación, es decir, parten de la red principal en derivación o constituyen el punto final de la misma. Existen también los **CT de seccionamiento o de paso**; se instalan formando bucles, es decir, la línea entra y sale hacia otros CT.

Los centros de transformación, según su *utilización*, se dividen en:

- **Centros de Distribución o de Empresa.** Son aquellos que pertenecen a la *compañía* suministradora de energía eléctrica. De estos centros parten las diferentes redes de baja tensión para la alimentación a los clientes. Tienen una o varias celdas de alimentación, entrada, salida, y en algunos casos seccionamiento a centros en punta. Poseen una celda de protección por cada transformador montado. El número máximo de éstos por centro de compañía suele ser de dos y la potencia máxima por trazo de 630 kVA. En raras ocasiones, y cuando tengan que alimentar elevadas cargas, en puntos muy concretos, pueden llegar a alcanzar una potencia de 1.000 kVA y pueden instalarse hasta 3 unidades.

- **Centros de abonado o cliente.** Son propiedad del cliente. Su tensión de alimentación viene condicionada por la tensión de red de la compañía que distribuya en la zona. Los centros de pequeña potencia y de tipo intemperie cuenta con equipos de medida en B.T. Los centros de interior suelen medir en A.T., para ello es obligatorio la instalación de una celda de medida en la que irán alojados los transformadores de intensidad y de tensión. Si se trata de un centro en punta y un solo trazo, estará dotado de celda de seccionamiento general, celda de interruptor de protección de transformador y celda de medida.

Partes fundamentales de los centros de transformación

De forma general, los diferentes elementos que constituyen las instalaciones de los centros de transformación son: interruptores, seccionadores, barras colectoras, transformadores de medida, transformadores de potencia, etc.

Estos elementos se montan en celdas, y en cada una de ellas se agrupan los correspondientes a cada circuito, como son los de entrada y/o salida de línea o los correspondientes a la protección de transformador o total del centro. También se agrupan en funciones, como la medida de energía. Atendiendo a este criterio se dispondrán:

- Celda de entrada de línea. Es la encargada de recibir el conductor que alimenta al centro; está equipada con interruptor de corte en carga y seccionador de puesta a tierra.
- Celda de salida de línea. Es la encargada de interrumpir el conductor de salida a otros centros. Equipada de forma idéntica a la anterior.
- Celda de seccionamiento. Es la encargada de dejar fuera de servicio la parte del centro de transformación propiedad del abonado.
- Celda de seccionamiento y protección general. Es la encargada de alojar los elementos de seccionamiento y protección general del centro de transformación, cuando el mismo posea más de un transformador.
- Celda de protección de transformador. Es la encargada de alojar los elementos de seccionamiento y protección individual del transformador. Generalmente se realiza con interruptor y fusibles de a.p.r. combinados, o bien, por interruptor automático, gobernados éstos, bien por relés directos o indirectos en función de las intensidades aportadas por los transformadores de intensidad. Si la potencia del centro de transformación supera los 1.000 kVA se aconseja la colocación de relés autónomos de protección a tierra (homopolar); de esta manera, si uno de los trafos es el causante de la avería, disparará su protección y no dejará el centro de transformación sin servicio.
- Celda de medida. Compuesta por tres transformadores de intensidad y tres de tensión. El equipo de medida compuesto por los contadores, placas de comprobación y reloj se encuentran situados fuera de la celda, para evitar cualquier riesgo para el personal que realiza la lectura.
- Celda de Transformación. Punto donde se coloca el transformador de potencia. Deberá estar protegido por tabiques o muros que impidan la proyección de material y aceite al resto de las instalaciones, en caso de avería.
- Cuadro de Baja Tensión (en centro de transformación tipo compañía). Desde él parten debidamente protegidas las líneas B.T. que alimentarán a las diferentes C.G.P. o B.T.V. y desde éstas a los diferentes puntos de consumo.

Filosofía de trabajo

A la hora de comenzar un proyecto de centro de transformación, el programa da 3 opciones:

- CT Interior prefabricado. Normalmente en edificios aislados bajo envolvente prefabricada de hormigón y celdas prefabricadas metálicas.
- CT Interior obra. Normalmente en planta baja de edificios destinados a otros usos, realizados de obra civil, con celdas prefabricadas metálicas.
- CT Intemperie. Al exterior, sobre poste.

Centro de Transformación de Interior tipo prefabricado

Este tipo de centros son construidos íntegramente por fabricantes homologados, estando la envolvente exterior realizada a base de módulos o mediante un monobloque. En su interior se alojan las celdas A.T., el equipo de potencia o trafo, los cuadros B.T. y las rejillas separadoras o de protección. La envolvente exterior prefabricada dispone de las puertas necesarias, para acceso de peatones y trafo, y las rejillas de ventilación del centro.

A la hora de realizar el proyecto de un centro de este tipo se seguirán los siguientes pasos:

1º Acceder al Menú Proyecto, opción "**Condiciones Generales**". Se debe elegir el *fabricante* de las *envolventes* y *celdas* prefabricadas, normalmente será el mismo para ambas. Las envolventes con disposición en monobloque (Orma-mn de la empresa Ormazábal y Hormi-mn de la empresa Hormilec), de pequeñas dimensiones, suelen utilizarse en centros de transformación de distribución pública o de compañía, pues éstos no disponen de celda de medida, protección general, etc. Las envolventes con disposición modular (Orma-md de Ormazábal y Hormi-md de Hormilec), de grandes dimensiones, suelen utilizarse en centros de transformación tipo abonado, pues éstos disponen de celda de medida, protección general cuando hay varios trafos, etc. El resto de fabricantes se emplean indistintamente para abonado o compañía.

Las celdas con la extensión SF₆, prácticamente todas, realizan el aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre. Sus dimensiones son reducidas. Las celdas de aislamiento y corte al aire son de mayores dimensiones y en la actualidad son menos utilizadas.

Los centros tipo "*abonado, medida en alta tensión*" suelen ser propiedad del cliente. Disponen de celda de medida A.T., celda de protección general cuando existen varios trafos, celda de seccionamiento para la parte del abonado cuando se trata de un centro de paso, etc. Los centros tipo "*compañía o distribución pública*" son

Información General

propiedad de la empresa suministradora de la energía eléctrica. Disponen únicamente de celdas de línea (entrada y salida), realizando bucles entre todos los centros conectados a la misma red, y celdas de protección de trafo en función de los que haya instalados. Suelen incluir, además, cuadros de B.T. normalizados tipo UNESA.

Los *Datos Generales* permiten definir la compañía suministradora de electricidad, la tensión de la línea a la que se conecta el CT y la potencia de c.c. que indique dicha compañía. La acometida al centro puede ser *directa al embarrado* de las celdas (para CT en punta), o sea, mediante una celda de remonte de cables simplemente, en *punta/fin de línea* (para CT en punta), mediante una sola celda de línea, en *bucle* (para CT de paso), mediante 2 celdas de línea, una de entrada y otra de salida, o en *doble bucle* (para CT de paso), mediante 3 celdas de línea, una de entrada y dos de salida.

2º Una vez definidas las condiciones generales, se debe **seleccionar el tipo de centro** deseado de la paleta de

envolventes prefabricadas , según se quiera definir un centro de seccionamiento, un centro de transformación con dos trafos o un centro de transformación con tres trafos, teniendo presente además la disposición deseada. Al ubicar el centro sobre la zona de edición gráfica aparecerá la disposición de la envolvente escogida y las celdas más usuales según las condiciones generales definidas (destino de la instalación y acometida). Si el dibujo es un poco pequeño se puede hacer un zoom ventana  y ampliarlo hasta los límites de la zona gráfica.

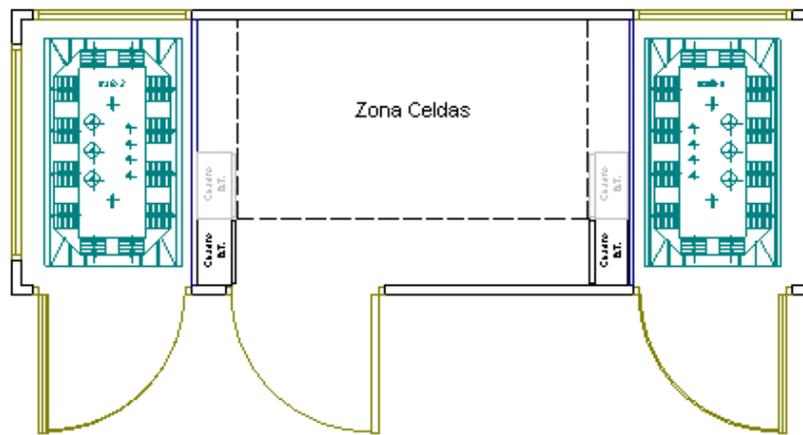
Las envolventes, puertas, rejillas de ventilación, trafos y rejillas de protección son fijas, o sea, se leen de base de datos según el fabricante seleccionado. El usuario puede modificar las dimensiones de la envolvente exterior, simplemente actuando sobre la ventana lateral izquierda .

Las celdas prefabricadas A.T. que el programa dibuja por defecto no son fijas, sólo son una referencia según las condiciones generales establecidas. Quiere esto decir que el usuario puede borrarlas, activándolas en azul y pulsando la opción borrar , modificar la función de cada una , introducir

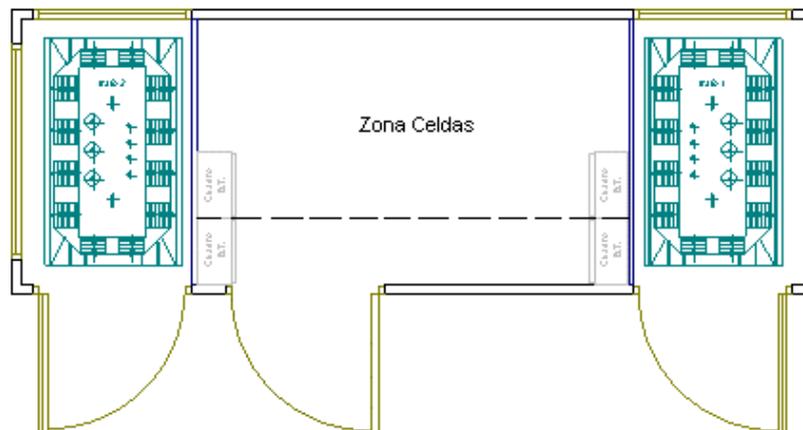
celdas nuevas actuando sobre la paleta correspondiente , modificar la intensidad asignada, etc. Por defecto, el centro de transformación sale dibujado con 2 cuadros B.T. por cada transformador, por lo tanto el *área de trabajo de las celdas* corresponde al rectángulo comprendido entre la pared posterior de la envolvente, la pared lateral (si los trafos están en un solo lado), y los vértices de los cuadros B.T. más alejados de la fachada principal, o sea, los ubicados más al interior (a esta última distancia se le permite una tolerancia de unos 15 cm, sobre todo para celdas de mucha profundidad que agotan casi toda la anchura máxima). Todo queda reflejado en la figura adjunta.



Este área se puede agrandar si se reserva 1 cuadro B.T., para ello basta activarlo en azul y pulsar la opción *reserva de elementos* . La nueva superficie se define a continuación.



Si se trata de un CT tipo abonado y se quieren incluir celdas hasta las rejillas de protección, basta reservar los 2 cuadros B.T. Incluso, una vez ubicadas las celdas se puede volver a activar un cuadro B.T. para su visualización. El área de trabajo se muestra en la siguiente figura.



En su introducción, las celdas se agrupan unas junto a otras, formando un embarrado común a lo largo de ellas. Por este motivo, *cuando el programa detecta que el usuario intenta introducir una celda a menos de 5 cm de otra ya existente, automáticamente las une y alinea sus caras* (tomando como referencia la última introducida). Si al intentar introducir una celda junto a otra el programa no lo permitiera, significaría que no se pueden alinear las caras de las celdas existentes con la que se pretende introducir, pues posiblemente hay alguna celda con más fondo y tocaría la pared. Para subsanar este inconveniente, basta ubicar la celda más separada de la pared, con el fin de no tener problemas de espacio.

Para finalizar con el proceso de introducción de celdas, se debe pasar al modo usual de trabajo, el modo selección .

Las celdas siempre se ubican frente al alzado principal del CT, mirando hacia las puertas de acceso. Para desplazar todo el grupo de celdas basta activar (marcar en azul) dos o más de éstas, pinchar con el botón izquierdo del ratón una de ellas y mantenerlo pulsado hasta llegar a la nueva posición, momento en el cual se soltará. Si se dispone de espacio suficiente, para encajar el grupo en su nueva situación, se mostrará el estado definitivo en la pantalla gráfica, caso contrario permanecerán en el mismo lugar.

Para modificar los valores asignados por defecto al trafo, basta pincharlo (activarlo en azul) y actuar sobre la ventana lateral izquierda, pudiendo modificar su denominación, potencia, aislamiento y tensión secundaria.

3º/ Cuando se trata de un centro de transformación con separación física entre la parte de abonado y compañía, se permite introducir una segunda puerta  de acceso a la zona de la empresa suministradora. La mayoría de los fabricantes preparan sus envolventes para permitir la ampliación con esta segunda puerta. En estos casos se debe ubicar una malla metálica  de separación de ambas zonas. Sobre ella se puede ubicar otra puerta que comunique las dos partes.

Una vez introducido un componente (celda, trafo, puerta, etc), si se desea cambiarle algún dato o parámetro, basta pincharlo con el ratón y activarlo (seleccionado en azul), reflejándose todos sus valores en la ventana de datos y parámetros ubicada a la izquierda, por lo tanto, bastaría definir una nueva característica sobre dicha ventana para que quede reflejada en la zona de edición gráfica o internamente. Esta selección de componentes a la que hemos hecho alusión puede llamarse de alguna manera "individual", existiendo no

Información General

obstante la **selección "múltiple"**, que permite activar múltiples componentes a la vez. Las opciones que se presentan son las siguientes:

- Si se quiere activar (seleccionar) toda una zona en una sola operación, basta pinchar con el botón izquierdo del ratón en la zona de edición gráfica, mantenerlo pulsado y arrastrar una ventana punteada hasta un segundo punto, de tal forma que se capture totalmente la zona deseada (para verificarlo ésta debe quedar marcada en azul).

- Una vez hecha una selección individual o una selección por ventana, como la definida anteriormente, si se quieren seguir marcando componentes, sin desactivar la parte ya seleccionada, basta mantener pulsada la tecla CTRL del teclado del ordenador y simultáneamente seguir seleccionando individualmente componentes, o marcando nuevas zonas con ventanas de captura.

La selección múltiple permite cambiar las características de todos los componentes en una sola operación (por ejemplo, cambiar la intensidad asignada a todas las celdas, etc).

El programa permite ocultar elementos ya introducidos, de tal manera que quede su espacio reservado para un futura ubicación. Para realizar esta tarea, basta pinchar el componente deseado (queda activado en azul) y en se momento pinchar la opción *Reserva de elementos*  de la botonera horizontal. Si se activa un elemento ya ocultado (mostrado en tono grisáceo) y se pulsa la tecla de reserva de elementos , este componente volvería a estar de nuevo visible en planta, sección, etc. Se permiten reservar trafos, celdas A.T., cuadros B.T. y rejillas de protección o separadoras.

Centro de Transformación de Interior tipo Obra

Este tipo de centros se instalan normalmente en la planta baja de edificios destinados a otros usos. Los cerramientos exteriores suelen ser de obra civil (fábrica de ladrillo, etc). Disponen de rejillas de ventilación, que comunican el local con el exterior, ubicadas normalmente en fachada. Sobre ésta también se instalan las puertas de acceso a peatones y trafo. En el interior se distribuyen las celdas A.T., trafos, cuadros B.T. y rejillas de protección o separadoras. Se permite además realizar tabiques interiores y pilares.

El usuario tiene libertad absoluta para proyectar este tipo de centros. A la hora de realizar el diseño se seguirán los siguientes pasos:

1º Acceder al Menú Proyecto, opción **"Condiciones Generales"**. Se debe elegir el *fabricante* de las *celdas* prefabricadas. Las celdas con la extensión SF₆, prácticamente todas, realizan el aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre. Sus dimensiones son reducidas. Las celdas de aislamiento y corte al aire son de mayores dimensiones y en la actualidad son menos utilizadas.

Los *Datos Generales* permiten definir la compañía suministradora de electricidad, la tensión de la línea a la que se conecta el CT y la potencia de c.c. que indique dicha compañía.

El establecimiento de las condiciones generales *no implica diseño previo* alguno, como ocurría en los CT tipo prefabricado. El usuario debe realizarlo según la disponibilidad de su local.

2º Una vez definidas las condiciones generales, se procede al **diseño del centro de transformación**. Para comenzar se inserta la envolvente de obra civil , se definen sus valores de largo y ancho, además del ancho y alto del cerramiento exterior. Para ubicar esta envolvente es necesario fijar dos puntos, uno representa el punto base de inserción y el otro define las dimensiones exteriores.

Posteriormente se ubican las puertas  de acceso a peatones y trafo, definiendo las dimensiones en la ventana lateral izquierda, y las las rejillas de ventilación , también con unas dimensiones iniciales. Para comprobar si estas rejillas son adecuadas, se debe calcular el proyecto y observar en el anexo de cálculo la superficie mínima necesaria.

Si la instalación lo requiere, se pueden ubicar muros o paredes interiores , pilares , rejillas de protección de trafo  o rejillas separadoras abonado-compañía . Al menos, el trafo debe ir en una celda o habitáculo que lo independice del resto de la instalación, pues posee partes en tensión accesibles por los usuarios.

Por último se pueden ubicar las celdas A.T. , los trafos  y los cuadros B.T. . Estos componentes traen una orientación por defecto. Dicha orientación puede ser modificada en fase de introducción o una vez insertado el objeto. Para rotar los componentes de inicio, a la hora de ser introducidos, basta acceder a la paleta de componentes (celdas, trafos o cuadros B.T.), seleccionar el deseado,

pinchar sobre el *icono de rotación*  tantas veces como sea necesario (cada click rota el elemento 90°) y pinchar sobre la zona gráfica en el lugar establecido. Si una vez insertado un bloque gráfico, se activa en azul pinchándolo con el ratón y se pulsa la opción rotar , el componente girará 90°. El último estado de rotación establecido permanece para el resto de componentes, del mismo tipo, que se deseen introducir.

En su introducción, las celdas se agrupan unas junto a otras, formando un embarrado común a lo largo de ellas. Por este motivo, cuando el programa detecta que el usuario intenta introducir una celda a menos de 5 cm de otra ya existente, automáticamente las une. Los cuadros B.T. siguen la misma filosofía a la hora de su inserción.

Todos los bloques gráficos o componentes se introducen en lugares establecidos por el usuario, según disponibilidad y dimensiones del local. El manejo de todos ellos, en cuanto a desplazamientos, introducción, selección individual o múltiple, etc, se realiza de forma idéntica a los CT tipo prefabricado.

Centro de Transformación tipo Intemperie

Este tipo de centros se instalan normalmente sobre un poste, a la intemperie. Las cadenas de amarre reciben la línea eléctrica aérea, los seccionadores, fusibles y pararrayos seccionan y protegen la línea a su llegada al CT, los trafos reducen la tensión AT/BT y los cuadros B.T. incluyen las salidas de los circuitos B.T.

Se permiten realizar seccionamientos de líneas, entronques aéreos subterráneos y centros de transformación tipo intemperie o compactos.

El usuario tiene libertad absoluta para proyectar este tipo de centros. A la hora de realizar el diseño se seguirán los siguientes pasos:

1º Acceder al Menú Proyecto, opción "**Condiciones Generales**". Los *Datos Generales* permiten definir la compañía suministradora de electricidad, la tensión de la línea a la que se conecta el CT y la potencia de c.c. que indique dicha compañía.

El establecimiento de las condiciones generales *no implica diseño previo* alguno, como ocurría en los CT tipo prefabricado. El usuario debe realizarlo según las "Normas Técnicas de Construcción y Montaje de Instalaciones Eléctricas" de la compañía distribuidora de energía eléctrica en la zona de implantación del CT.

2º Una vez definidas las condiciones generales, se procede al **diseño del centro de transformación**. Se permiten realizar seccionamientos de líneas, entronques aéreos subterráneos y centros de transformación tipo intemperie o compactos. Para comenzar se inserta el tipo de centro deseado, pinchando con el botón izquierdo

del ratón sobre la paleta correspondiente , y haciendo un clic en la zona de edición gráfica. Aparecerá un centro por defecto con los elementos que hemos considerado más usuales, sin embargo, el usuario dispone de total libertad para borrar estos bloques gráficos, introducir otros nuevos, modificar propiedades, etc.

La maniobrabilidad queda resumida a continuación:

- Para borrar un elemento basta pincharlo (queda activado en azul), y elegir la opción Borrar  de la paleta vertical derecha.
- Para introducir un bloque gráfico se accede a la paleta correspondiente  haciendo un clic con el botón izquierdo del ratón y pinchando en la zona del apoyo deseada (en las caras, cabeza, etc).
- Los componentes se desplazan de lugar uno a uno, nunca en bloques de varios, para ello basta seleccionar el deseado , pinchar con el botón izquierdo del ratón, mantener pulsado y arrastrar, soltando al llegar a la nueva posición.
- No se permite ubicar unos componentes sobre otros, ni colocarlos a la misma altura, excepto las autoválvulas.
- Para modificar las características de un bloque gráfico, basta seleccionarlo y actuar sobre la ventana lateral izquierda.
- El programa une automáticamente todos los elementos mediante una línea recta, sin embargo, puede adoptar una forma arqueada con sólo pinchar dicha recta con el botón izquierdo del ratón, mantener pulsado y arrastrar, soltando al llegar a la nueva posición.

Una vez definido el centro de transformación (prefabricado, obra o tipo intemperie), el usuario puede acceder al **cálculo** mediante la opción  "**Cálculo del proyecto completo**". El programa obtiene automáticamente las intensidades A.T. y B.T., los cortocircuitos, el dimensionado de los embarrados, las instalaciones de puesta a tierra, la ventilación del centro, etc.

Información General

Una vez calculado el proyecto, el usuario puede acceder a los **resultados** desde varios puntos de vista diferentes:

- Mediante la opción del menú "Ver", o directamente desplegando el menú flotante que se activa haciendo un click sobre el botón derecho del ratón en la zona de edición gráfica, obtendrá un resumen de los resultados más importantes.

- Mediante la opción del menú "Resultados" o directamente pinchando los iconos activos de la barra de botones  (Anexo de Cálculo, Medición y Esquemas en fichero DXF), obtendrá resultados minuciosos, con desglose de fórmulas, etc.

- Mediante la opción del menú "Ver" o pinchando el icono activo , obtendrá los *planos* completos del centro de transformación.

Ejemplos prácticos resueltos

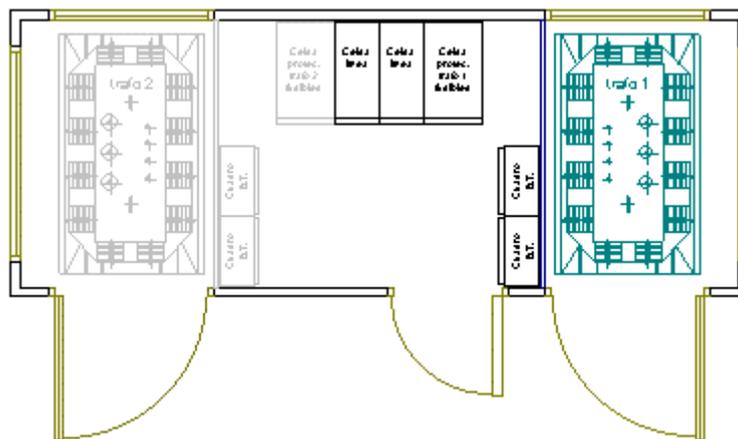
Ejemplos de Centros de transformación tipo Interior prefabricado

Ejemplo 1

Se pretende realizar un centro de transformación bajo envolvente prefabricada de hormigón, de las siguientes características:

- Emplazamiento: Polígono Industrial de Murcia.
- Fabricante de envolventes y celdas: Ormazábal.
- Disposición del centro: En bucle, entrada y salida de la línea de alimentación. Centro propiedad de la compañía suministradora.
- Reserva de espacio para la ubicación de un futuro trafo y su celda de protección.
- Potencia trafos: 400 kVA.

Representación gráfica del proyecto.



Para realizar el proyecto descrito se accede al programa CT y se elige la opción "Interior Prefabricado". Como se describió en la filosofía de trabajo se comienza por definir las condiciones generales.

- Fabricante: El fabricante es Ormazábal, por lo tanto en la opción *fabricante de envolventes* se deberá elegira *Orma-mn*, pues son los tipos monobloque que dicha empresa construye para uso de las compañías eléctricas, y en la opción *fabricante celdas* se escoge *Orma-SF6*, celdas prefabricadas metálicas con aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre.
- Destino de la instalación: *Compañía*, pues el trafo pasará a ser propiedad de la empresa suministradora de la energía eléctrica.
- Elección de la Cía Suministradora de Electricidad: Escoger la opción *por provincia* y seleccionar *Murcia*.
- Acometida: *Bucle*, con dos celdas de línea, una para entrada y otra para salida.

Se pulsa *aceptar* y se pasa a la zona de edición gráfica. En la botonera de envolventes



se elige la opción *2 trafos laterales*  y se hace un clic sobre la zona de edición gráfica.

Si el dibujo es un poco pequeño se puede hacer un *zoom ventana*  y ampliarlo hasta los límites de la zona gráfica.

Para indicar la potencia de los trafos, basta seleccionarlos y en la ventana lateral izquierda indicar *Potencia trafo (kVA): 400*.

Para ocultar los elementos que no se van a instalar en esta primera fase, basta pinchar la flecha de selección , pulsar sobre el trafo 2 (el de la izquierda), pulsar la opción *Control* del teclado del ordenador y pulsar la celda de protección de la izquierda, la rejilla de protección del trafo 2 y los dos cuadros B.T. de la izquierda. Se deja de pulsar la tecla control y se pincha sobre la opción *Reserva de elementos* . Los elementos ocultos aparecen en tono grisáceo (pinchar fuera del centro para desactivar los elementos seleccionados y poder observar la nueva situación).

En estos momentos se puede *calcular* el proyecto  y observar los *planos* correspondientes .

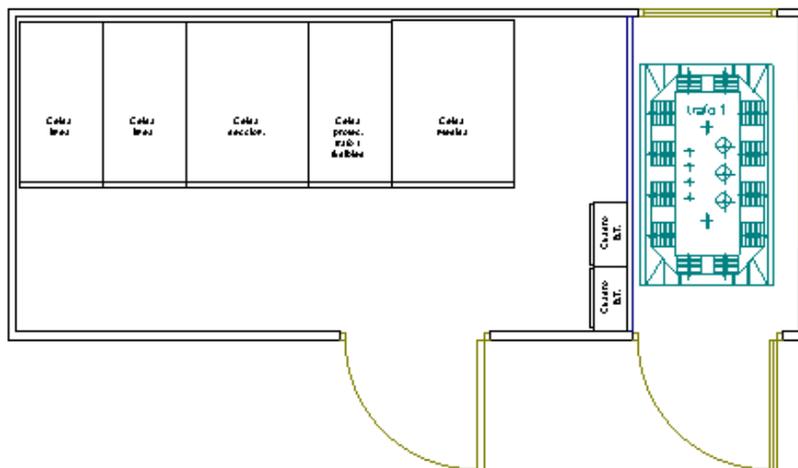
Información General

Ejemplo 2

Se pretende realizar un centro de transformación bajo envolvente prefabricada de hormigón, de las siguientes características:

- Emplazamiento: Industria de triturado en Barcelona.
- Fabricante de envolventes y celdas: Schneider.
- Disposición del centro: En bucle, entrada y salida de la línea de alimentación. Centro propiedad del cliente.
- Potencia trafo: 630 kVA.

Representación gráfica del proyecto.



Para realizar el proyecto descrito se accede al programa CTWIN y se elige la opción "Interior Prefabricado". Como se describió en la filosofía de trabajo se comienza por definir las condiciones generales.

- Fabricante: El fabricante es Schneider, por lo tanto en la opción *fabricante de envolventes* se deberá elegir *Schneide*, y en la opción *fabricante celdas* se escoge *SchneSF6*, celdas prefabricadas metálicas con aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre.
- Destino de la instalación: *Abonado*, pues el trafo pasará a ser propiedad de la empresa dueña de la industria.
- Elección de la Cia Suministradora de Electricidad: Escoger la opción *por provincia* y seleccionar *Barcelona*.
- Acometida: *Bucle*, con dos celdas de línea, una para entrada y otra para salida.

Se pulsa *aceptar* y se pasa a la zona de edición gráfica. En la botonera de envolventes  se elige la opción *1 trafo lateral*  y se hace un clic sobre la zona de edición gráfica.

Si el dibujo es un poco pequeño se puede hacer un zoom ventana  y ampliarlo hasta los límites de la zona gráfica.

Para indicar la potencia del trafo, basta seleccionarlo y en la ventana lateral izquierda indicar *Potencia trafo (kVA)*: 630.

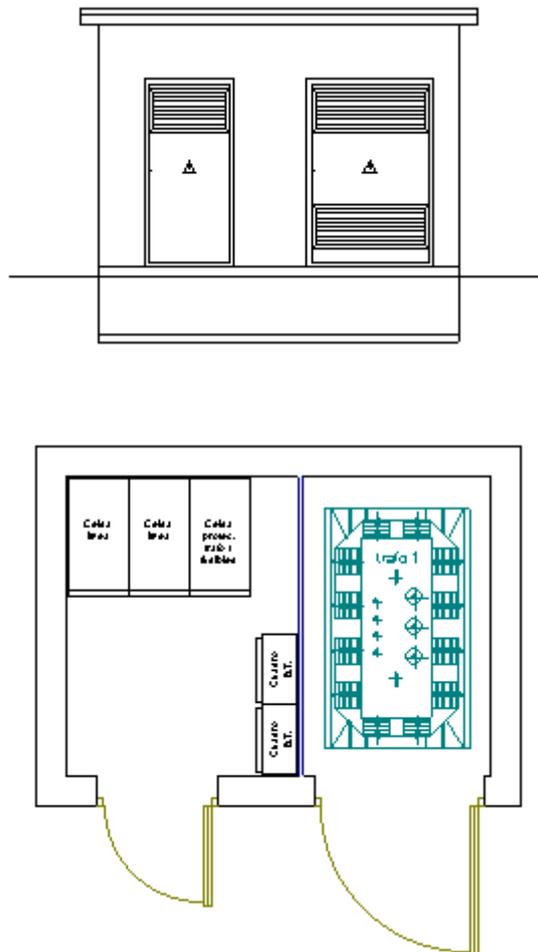
En estos momentos se puede calcular el proyecto  y observar los planos correspondientes .

Ejemplo de Centro de transformación tipo Interior obra

Se pretende realizar un centro de transformación de obra, de las siguientes características:

- Emplazamiento: Ampliación zona residencial en Madrid.
- Fabricante de celdas: ABB.
- Disposición del centro: En bucle, entrada y salida de la línea de alimentación. Centro propiedad de la compañía suministradora.
- Dimensiones generales: 4,00x3,00 m.
- Potencia trafo: 250 kVA.
- Rejillas de ventilación en puertas acceso.

Representación gráfica del proyecto.



Para realizar el proyecto descrito se accede al programa CT y se elige la opción "Interior obra". Como se describió en la filosofía de trabajo se comienza por definir las condiciones generales.

- Fabricante: El fabricante es ABB, por lo tanto en la opción *fabricante celdas* se escoge *ABB-SF6*, celdas prefabricadas metálicas con aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre.
- Destino de la instalación: *Compañía*, pues el trafo pasará a ser propiedad de la empresa suministradora de la energía eléctrica.
- Elección de la Cía Suministradora de Electricidad: Escoger la opción *por provincia* y seleccionar *Madrid*.
- Acometida: *Bucle*, con dos celdas de línea, una para entrada y otra para salida.

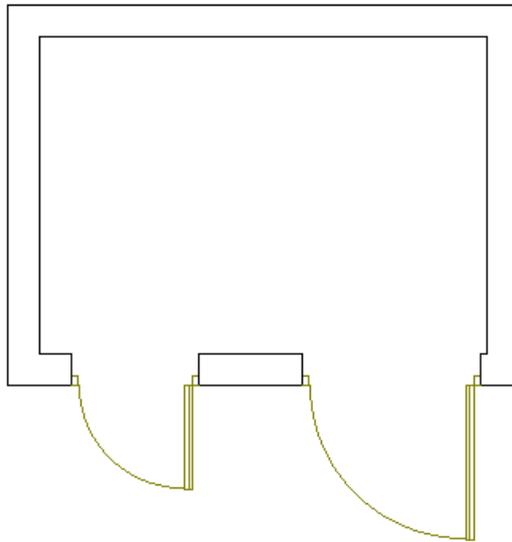
Se pulsa *aceptar* y se pasa a la zona de edición gráfica. Se elige de la paleta correspondiente



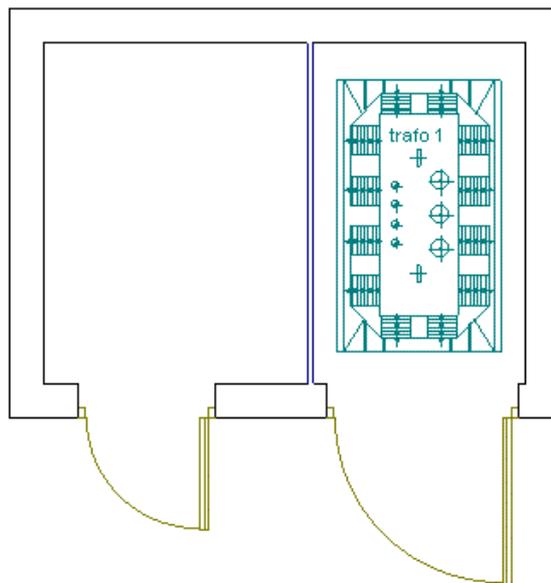
la opción *envolvente de obra rectangular*. Se hace un clic en la zona de edición gráfica con el fin de indicar el punto de inserción, se *fija envolvente (m)* y se define el largo $Lx=4$ m y el ancho $Ly=3$ m. Se hace otro clic con el fin de definir las dimensiones generales.

A continuación se escoge la puerta con el fin de definir los huecos de acceso a peatones y trafo. En la ventana lateral izquierda, se *fija la distancia* desde el extremo de la pared hasta el eje de la puerta: 1 m, se pulsa el icono *puerta* de dicha ventana y se define la opción con *1 rejilla* incorporada, definiendo la *distancia al suelo*: 1,5 m, el *ancho* de la rejilla: 1 m y el *alto*: 0,5 m. Se pulsa *aceptar* y se hace un clic sobre la fachada principal. Una vez ubicada la puerta de peatón se procede a ubicar la puerta del trafo, para ello se *fija la distancia*: 3 m, se pulsa el icono *puerta* de dicha ventana y se define la opción *rejilla 1*, *distancia al suelo*: 0,2 m, el *ancho* de la rejilla: 1,4 m y el *alto*: 0,5 m, se define la opción *rejilla 2*, *distancia al suelo*: 1,5 m, el *ancho* de la rejilla: 1,4 m y el *alto*: 0,5 m. A continuación se define el *ancho* de la puerta: 1,4 m, se pulsa *aceptar* y se hace un clic sobre la fachada principal, quedando el estado como a continuación se muestra.

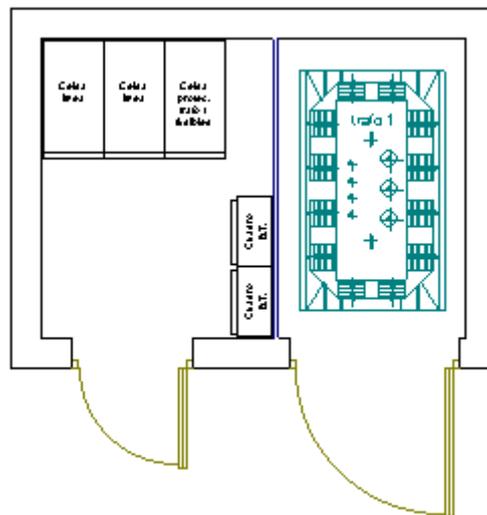
Información General



En este momento se procede a la colocación de la aparatada A.T y B.T. Se puede comenzar por seleccionar el trafo  de la paleta de componentes, se define su *potencia*: 250 kVA y se ubica frente a su puerta de acceso. Se escoge la rejilla de protección  y se ubica entre las dos paredes, haciendo dos clic. El estado quedaría como se muestra.



A continuación se elige la opción *celda de línea*  de la paleta de celdas , y se pincha en la esquina izquierda de la obra, con lo cual dicha celda aparecerá dibujada. La segunda celda de línea se ubica al hacer otro clic junto a la anterior. Para ubicar la tercera celda, se elige la opción *celda de protección con fusibles*  de la paleta de celdas, se define su *función* (protección trafo 1) en la ventana lateral izquierda (*prot. relé*) y se hace un clic junto a la última celda introducida. Por último se selecciona el *cuadro B.T.*  de la paleta de componentes y se introduce junto a la puerta y pegado a la rejilla de protección del trafo. El segundo cuadro se introduce al hacer otro clic junto al ya introducido. El aspecto definitivo del CT será el siguiente.



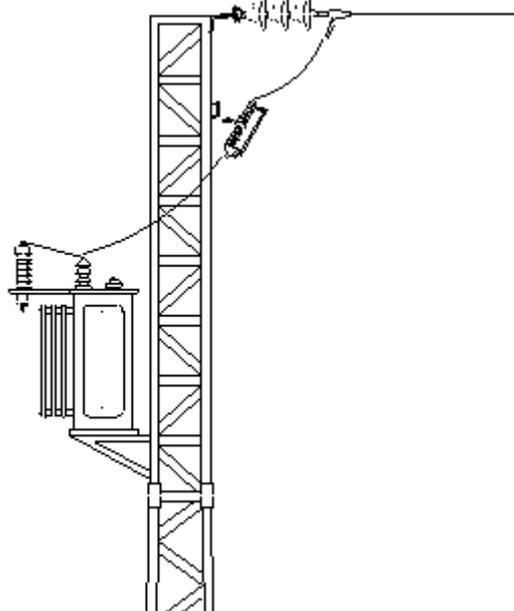
En estos momentos se puede *calcular* el proyecto  y observar los *planos* correspondientes .

Ejemplo de Centro de transformación tipo Intemperie

Se pretende realizar un centro de transformación tipo intemperie, de las siguientes características:

- Emplazamiento: Zona agrícola en Almería.
- Disposición del centro: En punta, fin de línea. Centro propiedad de abonado.
- Apoyo: Metálico de celosía.
- Componentes: Trafo, Autoválvulas pararrayos y Fusibles de expulsión tipo XS cut-out.
- Potencia trafo: 50 kVA.

Representación gráfica del proyecto.



Para comenzar se accede a *condiciones generales*, se elige *destino*: abonado, *provincia*: Almería y *acometida*: punta/fin de línea.

Al tratarse de un CT tipo *intemperie* se debe elegir la opción  de la paleta de tipos  y hacer un clic en la zona gráfica.

Si el dibujo es un poco pequeño se puede hacer un zoom ventana  y ampliarlo hasta los límites de la zona gráfica.

Información General

El CTI trae por defecto un trafo y las autoválvulas pararrayos en la cara derecha del apoyo. Nuestro proyecto requiere que el trafo y autoválvulas vayan en la cara izquierda, situando un seccionador XS con fusibles en la cara derecha. Comenzamos por trasladar el trafo a la cara izquierda del apoyo y más abajo del lugar donde está situado, con el fin de dejar espacio para el seccionador XS. Para realizar esta tarea se pincha el bloque gráfico que representa el transformador, se mantiene pulsado, se arrastra y se suelta al llegar a la nueva posición. Con la autoválvula se procede de manera similar.

Para ubicar el *seccionador XS* se elige dicha opción  de la paleta de componentes y se hace un clic en la cara derecha del apoyo.

El programa une automáticamente los elementos con una línea recta, para darle forma curva se puede pinchar dicha recta  y arrastrar, soltando al llegar a la posición deseada.

En estos momentos se puede *calcular* el proyecto  y observar los *planos* correspondientes .

Establecimiento de las Condiciones Generales de un proyecto

La opción *CONDICIONES GENERALES* permite definir unos datos o hipótesis de partida, que se tienen en cuenta por el programa durante todo el proceso de cálculo o diseño del proyecto. Es una opción que debe utilizarse antes de iniciar un trabajo, pues de esta manera quedan definidas para todo el proyecto a desarrollar, no obstante, en cualquier fase de introducción de datos se puede acceder a esta ventana y corregir dichas condiciones generales.

Datos Generales

Datos del centro

Fabricante

Mediante esta opción se permite definir el fabricante de las envolventes prefabricadas de hormigón y de las celdas metálicas prefabricadas.

La extensión "mn" en algunos fabricantes (Ormazábal y Hormilec) hace referencia a las envolventes con disposición en *monobloque*, envolventes de pequeñas dimensiones para utilización, fundamentalmente, en centros de transformación de distribución pública o *compañía*, pues éstos no disponen de celda de medida, protección, general, etc.

Las envolventes con disposición *modular* (Orma-md de Ormazábal y Hormi-md de Hormilec), de grandes dimensiones, suelen utilizarse en centros de transformación tipo *abonado*, pues éstos disponen de celda de medida, protección general cuando hay varios trafos, etc. El resto de fabricantes se emplean indistintamente para abonado o compañía.

Las celdas con la extensión SF₆, prácticamente todas, realizan el aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre. Sus dimensiones son reducidas. Las celdas de aislamiento y corte al aire (Ibérica de Aparellaje - IberAire) son de mayores dimensiones y en la actualidad son menos utilizadas.

Destino de la instalación

- **Centros de abonado o cliente.** Son propiedad del cliente. Su tensión de alimentación viene condicionada por la tensión de red de la compañía que distribuya en la zona. Los centros de pequeña potencia y de tipo intemperie cuenta con equipos de medida en B.T. Los centros de interior suelen medir en A.T., para ello es obligatorio la instalación de una celda de medida en la que irán alojados los transformadores de intensidad y de tensión. Si se trata de un centro en punta y un solo trafa, estará dotado de celda de seccionamiento general, celda de interruptor de protección de transformador y celda de medida.

- **Centros de Distribución o de Empresa.** Son aquellos que pertenecen a la *compañía* suministradora de energía eléctrica. De estos centros parten las diferentes redes de baja tensión para la alimentación a los clientes. Tienen una o varias celdas de alimentación, entrada, salida, y en algunos casos seccionamiento a centros en punta. Poseen una celda de protección por cada transformador montado. El número máximo de éstos por centro de compañía suele ser de dos y la potencia máxima por trafa de 630 kVA. En raras ocasiones, y cuando tengan

Información General

que alimentar elevadas cargas, en puntos muy concretos, pueden llegar a alcanzar una potencia de 1.000 kVA y pueden instalarse hasta 3 unidades.

Datos generales

Elección Cía. Suministradora de Electricidad

La compañía suministradora se puede elegir seleccionando la *provincia* o directamente por *nombre de compañía*. Una vez seleccionada la compañía, el programa proporciona automáticamente la *tensión de la línea aérea* que alimenta al CT (y junto a ella la tensión más elevada o de *aislamiento*) y la *potencia de cortocircuito*. Esta última da idea de las intensidades de c.c. que pueden repercutir en la instalación A.T.

Estos valores son orientativos, pudiendo el usuario, no obstante, modificarlos a su gusto.

Tensión de aislamiento

La *tensión de aislamiento* hace referencia al nivel de aislamiento que debe poseer toda la aparamenta A.T.

La tensión de aislamiento corresponde a la *tensión más elevada* de la red, definiéndose esta última como el mayor valor de tensión eficaz entre fases, que puede presentarse en un instante en un punto cualquiera de la línea, en condiciones normales de explotación, sin considerar las variaciones de tensión de corta duración debidas a defectos o a desconexiones bruscas de cargas importantes. Se obtiene en función de la tensión de línea.

Tensión nominal o de línea: 20 KV → Tensión más elevada: 24 kV

Tensión nominal o de línea: 25 KV → Tensión más elevada: 36 kV

Tensión nominal o de línea: 30 KV → Tensión más elevada: 36 kV

El valor de la tensión de aislamiento se obtiene automáticamente al definir la tensión de la línea, no obstante, puede ser modificado a gusto del usuario.

Tensión

La *tensión* o diferencia de potencial en voltios, susceptible de ser medida entre dos terminales cualesquiera de un circuito, es la causa del movimiento electrónico a través de los conductores.

Se entiende por *tensión nominal* el valor convencional de la tensión eficaz entre fases con que se designa la línea y a la cual se refieren determinadas características de funcionamiento.

Viene determinada por la red eléctrica de alta tensión que posea la compañía suministradora en la zona, y de la cual se abastece al CT en proyecto.

Como se definió anteriormente, con sólo indicar la Compañía Suministradora se obtiene automáticamente el valor de la tensión, no obstante, el usuario puede alterarla a su gusto.

Potencia de cortocircuito Scc

Es un valor básico en el cálculo de las intensidades de cortocircuito en el lado de alta tensión (I_{pccM}), pues para dichas corrientes anormales se dimensiona la aparamenta A.T.

$$I_{pccM} = S_{cc} \cdot 1000 / \sqrt{3} \cdot U$$

Con sólo indicar la Compañía Suministradora se obtiene automáticamente el valor de la Scc, no obstante, el usuario puede alterarla a su gusto.

Acometida

Los **CT en punta** tienen únicamente una línea de alimentación, es decir, parten de la red principal en derivación o constituyen el punto final de la misma (reciben la red eléctrica mediante una celda de entrada o de línea). Los CT con acometida *directa a embarrado* constituyen también un punto final de la línea, pero sustituyen la celda de línea por una celda de remonte de cables, o sea, una celda que protege simplemente la subida de la red al embarrado de las celdas.

Los CT en *bucle* son centros de transformación de paso o seccionamiento, o sea, la línea entra, sale y da suministro al trafo. Para realizar esta función de bucle es necesario instalar dos celdas de línea, una de llegada y otra de salida.

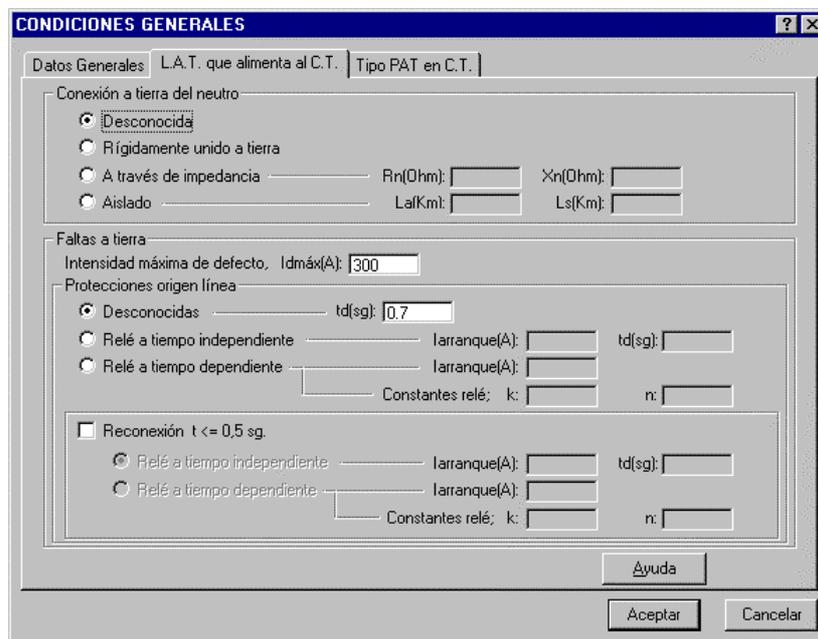
Los CT en *doble bucle* son similares a los anteriores en cuanto a la función. La diferencia fundamental es que estos poseen 3 celdas de línea, una de llegada y dos de salida.

Imagen de fondo

Esta opción permite *cargar una plantilla o imagen de fondo* que sirva de guía o referencia a la hora de definir un centro de transformación tipo obra.

Se suele utilizar cuando el usuario tiene dibujada la obra en un cad y desea incorporar la apartamentada A.T. y B.T. sin tener que definir la envolvente en el programa. Los archivos que el programa permite cargar son las imágenes vectoriales (dxf y dwg) y los mapas de bits e imágenes escaneadas (bmp y tif). Las imágenes vectoriales (dxf y dwg), antes de ser cargadas, deben estar realizadas a escala 1:1 en el programa de CAD. Los mapas de bits (bmp y tif), antes de ser cargados, deben calibrarse correctamente. Para ello, el programa necesita las dimensiones reales en metros correspondiente al ancho y alto de la imagen seleccionada como fondo. No debemos confundir estas dimensiones con las propias del formato (A4 0,21x0,297 m, A3 0,42x0,297 m, etc). Las dimensiones a que nos referimos son los metros reales que representa el ancho y alto de la imagen que va a ser leída, las cuales debemos obtener teniendo presente la escala que posea el plano primitivo. Como ejemplo aclaratorio, si la imagen que se pretende leer proviene de un plano ubicado en un formato A4 (0,21x0,297 m) y se encuentra a escala 1:200, las dimensiones solicitadas por el programa serán Ancho: 42 m, Alto: 59,4 m.

Línea A.T. que alimenta al C.T.



Para diseñar la puesta a tierra de las masas de MT en centros de transformación, es necesario conocer la *intensidad máxima de defecto a tierra*, el *tiempo máximo* de permanencia de dicho defecto y el *nivel de aislamiento a frecuencia industrial del equipo de baja tensión*.

La intensidad de defecto depende de la línea que alimenta el CT, en especial de la conexión a tierra del neutro en la subestación. El tiempo de permanencia del defecto depende de las protecciones en origen de línea, pues son las que abren el circuito en caso de avería.

Para la determinación de la **Intensidad de defecto** se pueden presentar varios casos:

1º El *neutro* de la red de Alta Tensión que alimenta al CT está *puesto a tierra* (caso usual en redes de distribución).

- La compañía proporciona directamente la máxima corriente a tierra.
- La compañía proporciona los valores de resistencia (Rn), reactancia (Xn) o ambas, de las puestas a tierra del neutro de la red de alta tensión que alimenta al C.T. Con éstas se obtiene la intensidad de defecto real de la instalación.

Por lo tanto, cuando el programa detecta la conexión a tierra del neutro \otimes *Desconocida* o \otimes *Rígidamente unido a tierra* adopta el valor definido en el campo de *Intensidad máxima de defecto Idmax*, el cual se ha obtenido en función de la compañía indicada en Datos Generales. El usuario puede modificar este dato según sus necesidades.

Cuando el programa detecta la conexión \otimes *A través de impedancia*, obtiene la Intensidad máxima de defecto a tierra real, aplicando la siguiente ecuación:

Información General

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{[(R_n + R_t)^2 + X_n^2]}}$$

En este caso, el usuario debe definir los valores de la resistencia del neutro R_n y/o reactancia del neutro X_n , según datos de la compañía eléctrica.

2º El neutro de la red de alta tensión está \otimes aislado.

En este caso se obtiene la Intensidad de defecto en función de la tensión, la velocidad eléctrica, la capacidad de la línea aérea y subterránea, la longitud de la línea aérea y subterránea y la resistencia de puesta a tierra de las masas MT. Ver *apéndice técnico* al final del manual.

Todos los valores los obtiene el programa automáticamente, excepto la *longitud de la línea aérea L_a (km)* y la *longitud de la línea subterránea L_s (km)*, que han de ser definidas por el usuario según datos de la compañía suministradora de electricidad.

Para la determinación del **tiempo de duración del defecto a tierra t (s)** se pueden presentar varios casos:

1º La compañía suministradora proporciona directamente dicho valor t_d (s). Este valor lo extrae automáticamente el programa en función de la compañía definida en Datos Generales, no obstante, puede ser modificado a gusto del usuario.

2º La compañía señala que la protección en origen de línea AT se efectúa:

- Mediante *relé a tiempo independiente*: Dando el tiempo de actuación t_d (s) y la intensidad de arranque de las protecciones I_a (A).
- Mediante *relé a tiempo dependiente*: Proporcionando los datos de la curva del relé de sobreintensidad (constantes k y n), así como la intensidad de arranque de las protecciones I_a (A).

Asimismo, la compañía suministradora indicará si existe *reenganche automático rápido* (reconexión menor de 0,5 s), pues en este caso el defecto permanecerá este tiempo adicional.

Tipo P.A.T. en C.T.

CONDICIONES GENERALES

Datos Generales | L.A.T. que alimenta al C.T. | Tipo PAT en C.T.

Generalidades

Resistividad terreno (ohm x m): 150

Nivel de aislamiento Baja Tensión del C.T. (V): 6000

Tipo de puesta a tierra C.T.

Protección

Neutro

Separada N^º mín. picas: 3

No separada

Asignación automática

Fijar usuario (p.a.t. protección)

Picas en hilera Lp (m): 2

Anillo Dimensiones (m x m): 2,0 x 2,0

sin picas 4 picas 8 picas

Ayuda

Aceptar Cancelar

Generalidades

Resistividad del terreno

La resistividad (ohmxm) es una característica que representa la oposición de un elemento al paso de la corriente eléctrica. En concreto, la *resistividad del terreno* se define como la resistencia que presenta un cubo de terreno, de 1 m de arista, entre dos caras opuestas. Su valor depende de la naturaleza del terreno, contenido en sales, humedad, temperatura, estratigrafía y estacionalidad.

Se recomienda investigar la resistividad real del terreno a la hora de realizar el proyecto de puesta a tierra. Para redes de 3ª categoría con una intensidad de c.c. a tierra igual o inferior a 16 kA basta un examen visual, pudiéndose estimar su valor por medio de la tabla 1 del apdo. 4.1. de la MIE RAT 13.

Nivel de aislamiento B.T.

Los elementos conductores del equipo de Baja Tensión, instalado en el centro de transformación, se conectarán a la tierra general del centro (tierra de protección), siempre que, en evitación de averías en el equipo de baja tensión en caso de defecto, su *nivel de aislamiento a frecuencia industrial Vbt* sea mayor que la máxima tensión de defecto posible Vdm.

$$V_{dm} = R_t \cdot I_d \leq V_{bt}$$

Cuanto mayor sea el nivel de aislamiento B.T. más sencillas serán las puestas a tierra de protección (instalación con menos electrodos artificiales).

Tipo de puesta a tierra C.T.

Para la protección de personas y bienes, en el centro de transformación se dispondrá dos tipos de puesta a tierra:

1º *Protección*. Comprende la puesta a tierra de todas las masas situadas en el recinto del CT, incluidas la cuba del núcleo del trafo, los pararrayos y los elementos conductores del equipo de baja tensión. Según se definió en el apartado anterior, el valor de resistencia de tierra R_t será tal que:

$$V_{dm} = R_t \cdot I_d \leq V_{bt}$$

2º *Neutro*. Comprende la puesta a tierra del neutro del transformador en sistemas de distribución que lo precisen (TT, TN) y de los secundarios de los transformadores de medida. En general esta puesta a tierra, denominada de servicio, estará separada de la puesta a tierra general o de protección, salvo cuando la tensión máxima de defecto a tierra en esta última sea menor de 1.000 V. La resistencia de la puesta a tierra del neutro será como máximo de 37 ohmios.

Mediante la opción *Asignación automática*, el programa calcula automáticamente la *p.a.t. de protección (Rt)*, con el fin de obtener una tensión máxima de defecto a tierra menor al nivel de aislamiento del equipo B.T. En envolventes prefabricadas o de obra selecciona un anillo con 8 picas formando un rectángulo de dimensiones mayores a las propias del recinto del CT. En CT tipo intemperie parte de un anillo de 4x4 m y 8 picas.

El programa permite incluso *Fijar la p.a.t. de protección*, mediante *picas en hilera* (el usuario define la longitud de pica y el programa calcula el nº de picas y la profundidad de enterramiento de los electrodos) o *anillo* (el usuario define las dimensiones del rectángulo y nº de picas y el programa elige la profundidad de enterramiento y la longitud de pica).

Ventana de Datos y Parámetros de Componentes

Esta ventana fija sirve para **definir** todos los datos y parámetros de los componentes o bloques gráficos a la hora de diseñar el centro de transformación.

También se utiliza para **modificar** los datos y parámetros de los componentes ya introducidos en la red, con sólo activar un bloque gráfico o un conjunto de ellos (quedan reflejados en azul al ser pinchados con el ratón) y asignando los nuevos valores.

Centro de Transformación Interior Prefabricado

Tipo envolvente:	1 trafo lateral
Dimensiones:	6.08x2.38
Tipo celda:	protección fusibles
Int. asignada(A):	400
Fusibles:	combinados
Prot. Relé	Protección trafo 1 sob.
trafo 1	Potencia: 400
Aisl: aceite	Tens.sec.(V): 380
Puerta	Puerta opaca 1x2.1
<input type="checkbox"/> Fij dist	1.64
Rejilla	Rejilla simple
<input type="checkbox"/> Fij dist	R.Inf: ds= 1/1x1.75
	3.5

Tipo envolvente

Esta opción se utiliza para **modificar el tipo de envolvente** una vez introducida en la zona de edición gráfica, para ello bastará con pinchar la envolvente en planta (aparecerá en azul) y seleccionar, actuando sobre la flecha desplegable, la nueva disposición deseada.

Dimensiones

Este campo representa el largoxancho (m) de la envolvente prefabricada, según el fabricante elegido en "condiciones generales".

En los CT prefabricados, el programa asigna automáticamente una envolvente capaz de admitir las celdas que aparecen por defecto, según las especificaciones definidas en "condiciones generales". Sin embargo, sobre este prediseño, el usuario puede realizar tantas modificaciones como estime necesario. Esta opción le permite **modificar las dimensiones** de la envolvente inicial, simplemente marcándola en planta y seleccionando, sobre la flecha desplegable, unas dimensiones acordes a su proyecto.

Tipo celda

Esta opción permite **cambiar una celda** ya introducida por otra diferente, simplemente activándola en planta (en azul) y seleccionando, sobre la flecha desplegable, la nueva función.

Si al pinchar una celda e intentar modificarla, el programa no admite el cambio, significará que la celda posee unas dimensiones mayores y no cabe en la zona de trabajo prevista. Puede marcar todo el conjunto de celdas y desplazarlas, separándolas de las paredes, para dejar espacio libre.

Intensidad asignada

Es el **valor eficaz de la intensidad** de corriente que un aparato es capaz de soportar indefinidamente en las condiciones prescritas de funcionamiento, normalmente 400 o 630 A en celdas prefabricadas.

Viene definida por la intensidad de bucle que pasa por el embarrado general, dato que deberá proporcionar la compañía suministradora.

Esta opción permite cambiar la intensidad asignada a una celda ya introducida, simplemente activándola en planta y seleccionando, sobre la flecha desplegable, el nuevo valor.

Fusibles

Esta opción permite definir el *tipo de fusibles* que incorpora la celda de protección con fusibles. Son *combinados* si la fusión del fusible provoca la apertura del interruptor de la celda (de uso general) o *asociados* cuando la fusión del fusible no hace actuar dicho interruptor.

Protección relé

Esta opción se utiliza para *definir los relés* que incorporan las celdas de protección y la *función* propia de éstas.

En cuanto a su función, las celdas pueden ser:

- Protección general. Se utiliza en los CT tipo abonado, cuando existe celda de medida en A.T., colocándose, normalmente, antes de ésta.
- Protección TR1. Para la protección del transformador nº 1.
- Protección TR2. Para la protección del transformador nº 2.
- Protección TR3. Para la protección del transformador nº 3.

En una celda de protección con fusibles se pueden incorporar relés a sobrecargas (para detectar sobreintensidades de pequeño valor), homopolar (para detectar defectos a tierra) o termómetro (para detectar incrementos de temperatura perjudiciales). La opción de cortocircuito está desactivada, pues es una función que realiza directamente el fusible, no el relé.

Una celda de protección con interruptor automático dispone, de partida, de dos relés: uno para la protección a sobrecargas y otro para la protección a c.c. Se le puede incorporar, además, protección homopolar o un termómetro.

Trafo

Esta opción es una especie de *contador*, que va asignando a cada trafo introducido una *denominación* (trafo 1, trafo 2 y trafo 3).

También permite *cambiar la denominación* de un trafo, con sólo activarlo en planta (en azul) y seleccionar, actuando sobre la flecha desplegable, la nueva nomenclatura.

Potencia

Indica la *potencia en kVA* del trafo seleccionado.

Se utiliza en la fase de introducción o como modificación de datos.

Aislamiento

Indica el *aislamiento* del trafo seleccionado (aceite o seco).

Se utiliza en la fase de introducción o como modificación de datos.

Tensión secundario

Indica la *tensión trifásica secundaria* (parte de B.T.) del trafo seleccionado (normalmente 380 o 400 V).

Se utiliza en la fase de introducción o como modificación de datos.

Puerta

Esta opción se utiliza para definir las *puertas de acceso* a peatones y trafos.

La puerta puede ser *opaca*, sin huecos de ventilación, o incorporar *una o dos rejillas*. En caso de llevar rejillas se debe definir la distancia al suelo de éstas, su ancho y su alto. Las dimensiones serán establecidas por el usuario, debiendo comprobar, no obstante, una vez calculado el proyecto (sobre el anexo de cálculos) si su superficie de ventilación es adecuada. Si no fuese así, se deberán poner de mayores dimensiones.

También se debe definir el *ancho y alto de la puerta*. Las puertas de peatón no requieren grandes anchuras, sin embargo, las puertas de acceso a trafos deben dejar un hueco libre suficiente para la entrada de éstos.

Información General

La apertura, aunque siempre es hacia el exterior, puede realizarse a *derechas*, a *izquierdas* o mediante *doble hoja*.

Se permite definir, además, la distancia desde el extremo de la pared hasta el eje de la puerta " Fijar distancia".

En el CT tipo prefabricado las puertas vienen definidas por defecto, según el fabricante de la envolvente, sin embargo, se mantiene esta opción para poder incluir una segunda puerta en la parte de la compañía, cuando el CT se ha dividido en dos zonas, una propiedad del abonado y otra propiedad de la empresa suministradora de energía eléctrica.

Se debe verificar que el fabricante admite esta ampliación.

Rejilla

Esta opción se utiliza para definir los *huecos de ventilación* del local (entrada de aire frío en rejillas inferiores y salida de aire caliente en rejillas superiores).

Sobre el mismo "eje vertical Y" se permite ubicar una o dos rejillas. En ambas se debe definir la distancia al suelo y dimensiones mínimas (alto x ancho en m).

Las dimensiones serán establecidas por el usuario, debiendo comprobar, no obstante, una vez calculado el proyecto (sobre el anexo de cálculos) si su superficie de ventilación es adecuada. Si no fuese así, se deberán poner de mayores dimensiones.

La superficie de ventilación obtenida en el anexo de cálculo se refiere a las rejillas de entrada de aire frío (rejillas inferiores). Las rejillas para salida de aire caliente (rejillas superiores) tendrán la misma superficie. Por lo tanto, la superficie total en rejillas debe ser el doble de la superficie mínima de ventilación obtenida en el anexo.

Se permite definir, además, la distancia desde el extremo de la pared hasta el eje de la rejilla " Fijar distancia".

En los CT prefabricados, las rejillas de ventilación vienen definidas por defecto, según el fabricante seleccionado en "condiciones generales".

Centro de Transformación Interior Obra

<input type="checkbox"/> Fij. Envol.(m): Lx	8.75	Ly	4.3		
Ancho:	0.25	Alto:	3		
<input type="checkbox"/> F.I.Murc	2.3	An	0.1	Al	2.7
Pilar(m): Lx	0.3	Ly	0.3	Al	2.7
Tipo celda:	protección fusibles				
Int. asignada(A):	400				
Fusibles:	combinados				
Prot. Relé	Protección sob.				
trafo 1	Potencia: 25				
Aisl:	aceite Tens.sec.(V): 380				
Puerta	Puerta opaca 1x2.1				
<input type="checkbox"/> Fij dist	3.61				
Rejilla	Rejilla simple				
<input type="checkbox"/> Fij dist	R.Inf: ds= 1/1.26x0.75				
	1.59				

Envolvente

Para ubicar una envolvente de obra rectangular se debe seleccionar el icono característico  y hacer dos clic en la zona de edición gráfica, uno define el punto de inserción y el otro proporciona las dimensiones exteriores con sólo ir arrastrando el cursor del ratón por la zona de edición gráfica.

Se permite prefijar el largo (Lx) y ancho (Ly) de la envolvente actuando sobre la opción *Fijar envolvente*.

También se puede definir el *ancho* y *alto* del cerramiento exterior.

Muro o pared

Esta opción se utiliza para definir *divisiones interiores de obra* en el CT.

Se permite prefijar la longitud de la pared interior actuando sobre la opción *Fijar longitud muro*.

También se puede definir el *ancho* y *alto* de estos tabiques interiores.

Esta opción se suele utilizar para definir la celda de protección del trafo, por lo menos uno de sus laterales, pues otro debe realizarse con malla metálica para asegurar la circulación de aire.

Pilar

Esta opción se utiliza para ubicar *pilares* en el CT, definiendo su longitud *Lx*, su anchura *Ly* y su *altura*.

El resto de opciones (*tipo celda, trafo, puerta y rejilla*) se explicaron en el apartado anterior (CT prefabricado).

Centro de Transformación tipo Intemperie

Tipo

Esta opción se utiliza para *modificar el tipo de centro* una vez introducido en la zona de edición gráfica, para ello bastará con pinchar el apoyo (aparecerá en azul) y seleccionar, actuando sobre la flecha desplegable, la nueva disposición deseada.

Apoyo

Esta opción se utiliza para *modificar el tipo de apoyo* una vez introducido en la zona de edición gráfica, para ello bastará con pinchar el poste (aparecerá en azul) y seleccionar, actuando sobre la flecha desplegable, la nueva constitución deseada.

Cadena amarre

Esta opción se utiliza para definir la disposición de la grapa en la cadena de amarre.

Cuando el conexionado se realiza con elementos ubicados en cabeza del apoyo, la grapa irá hacia arriba, y cuando se realiza con componentes dispuestos en las caras, la grapa irá hacia abajo.

Se utiliza en la fase de introducción o como modificación de datos.

Elementos de protección o corte

Esta opción permite *cambiar un elemento de protección o corte* ya introducido por otro diferente, simplemente activándolo (en azul) y seleccionando, sobre la flecha desplegable, el nuevo componente.

Si al pinchar una elemento e intentar modificarlo, el programa no admite el cambio, significará que el componente posee unas dimensiones mayores y no coje en la zona de trabajo prevista. El usuario puede marcar los elementos contiguos y desplazarlos hacia arriba o hacia abajo, con el fin de dejar más espacio libre.

Intensidad asignada

Es el *valor eficaz de la intensidad* de corriente que un aparato es capaz de soportar indefinidamente en las condiciones prescritas de funcionamiento, normalmente 200 o 400 A en elementos de protección o corte al exterior.

Esta opción permite cambiar la intensidad asignada a un componente ya introducido, simplemente activándolo (en azul) y seleccionando, sobre la flecha desplegable, el nuevo valor.

Tipo Seccionador

Esta opción permite definir el *tipo de seccionador* a utilizar en la instalación, en cuanto a su polaridad y disposición.

En cuanto a su polaridad, el seccionador puede ser tripolar (corta las 3 fases en una sola operación) o unipolar (corta fase a fase). Siempre es preferible la utilización de seccionadores tripolares.

En cuanto a su disposición, los seccionadores que van en las caras del apoyo son *verticales* o *verticales inclinados*, y los que van en la cabeza son *horizontales*. Si estos últimos se ubican encima de la cogolla del apoyo (punto más alto) son horizontales normales, y si se disponen justo debajo son horizontales invertidos.

No se permite colocar seccionadores verticales en la cabeza del apoyo ni seccionadores horizontales en las caras.

Tipo Fusibles

Esta opción permite definir el *tipo de fusibles unipolares (A.P.R.)* a utilizar en la instalación, en cuanto a su disposición.

Los fusibles unipolares que van en las caras del apoyo son *verticales* o *verticales inclinados*, y los que van en la cabeza son *horizontales*. Si estos últimos se ubican encima de la cogolla del apoyo (punto más alto) son horizontales normales, y si se disponen justo debajo son horizontales invertidos.

No se permite colocar fusibles unipolares verticales en la cabeza del apoyo ni fusibles unipolares horizontales en las caras.

Potencia aguas abajo

Representa la *demanda de potencia* (en kVA) de las instalaciones existentes aguas abajo del centro en proyecto (seccionamiento o protección y entronque aéreo-subterráneo), con el fin de poder dimensionar el calibre de los elementos de protección (fusibles).

Potencia trafo

Indica la *potencia en kVA* del único transformador incluido en el proyecto (centros de transformación tipo intemperie o compactos).

Manipulación o edición gráfica

La manipulación o edición gráfica comprende el conjunto de operaciones que nos permiten: introducir de forma visual todos y cada uno de los componentes que forman el centro de transformación, aquellas operaciones para realizar cambios sobre el aspecto de un CT ya introducido (mover o rotar componentes) e incluso operaciones para eliminar elementos.

El módulo gráfico es la piedra angular del programa, en torno a él giran todas o la mayor parte de las operaciones o comandos que pone a nuestra disposición la aplicación. De entrada es el punto de referencia para la introducción de los datos del proyecto. Para movernos en él es muy importante tener claros conceptos como el de elemento seleccionado; así como las distintas opciones de la paleta de herramientas.

A la hora de introducir un componente o bloque gráfico, debemos seleccionar de la paleta correspondiente el tipo que deseemos introducir. Una vez seleccionada la opción deseada (pulsando encima con el botón izquierdo del ratón), vemos que el cursor del ratón cambia de aspecto, semejándose a la opción del elemento que hayamos cogido. En este punto, basta con pinchar en la zona de la ventana donde queramos que se introduzca el bloque gráfico y se dibujará.

Por regla general se empiezan definiendo las envolventes o tipo de apoyo a la intemperie; a continuación, podemos ir eligiendo componentes o bloques gráficos (trafos, celdas A.T., cuadros B.T., elementos de corte o protección en intemperie, etc), puertas y rejillas.

Podemos observar en la zona izquierda de la aplicación, todos los datos y parámetros de los componentes o bloques gráficos. Esta ventana lateral se puede utilizar en la fase de introducción o como modificación de datos.

Además disponemos de herramientas que nos permitirán agrandar zonas del dibujo, ajustar el dibujo a la ventana de trabajo, mover partes del dibujo. Es importante tener en cuenta que para hacer una modificación sobre un elemento ya introducido, debe estar seleccionado (con lo que aparecerá en azul); para ello basta con pinchar sobre él estando en modo selección, permitiéndonos además hacer una selección múltiple de los elementos contenidos en un recuadro o zona, que podemos definir también desde el modo selección, arrastrando el ratón al pulsar el botón izquierdo y soltando el botón al llegar al otro extremo de la ventana o zona de selección que contiene los elementos sobre los que queremos actuar.

Ver

Modo Selección
Filosofía general de trabajo del programa
Ejemplos prácticos resueltos

Manejo de errores del proyecto

El programa dispone de un sistema de manejo de errores y advertencias que se dan durante los cálculos del proyecto. Este sistema nos da información mediante la lista de mensajes de errores sobre problemas que han surgido en el proceso de cálculo. En algunos casos dichos problemas impedirán que se calcule el proyecto (Errores), o bien se permitirá seguir con los cálculos advirtiendo que se pueden presentar inconvenientes (Advertencias).

Cada mensaje de error ocupa un renglón en la lista de mensajes, conteniendo éste información lo suficientemente descriptiva para poder localizar el problema. El sistema de manejo de errores nos permite entrar en la ventana de datos y parámetros del componente para cualquier mensaje de la lista de errores. Para ello basta con hacer un click con el botón izquierdo del ratón sobre dicho mensaje; o bien, estando este mensaje seleccionado, pulsar la tecla ENTER. El componente al que se refiere el mensaje de error pasará por tanto a ser bloque activo. Este sistema nos permite acceder a datos incorrectos del elemento y poder modificarlos de forma rápida y fácil.

Salidas o Resultados

Ver Memoria Descriptiva, Anexo de Cálculo, Medición, Pliego de condiciones y Esquemas en el Menú Resultados.

Comandos

- **Menú Proyecto**
- **Menú Edición**
- **Menú Ver**
- **Menú Componentes**
- **Menú Cálculos**
- **Menú Resultados**
- **Menú Ayuda**

Menú Proyecto

Nuevo

Esta opción crea un proyecto nuevo ("Proyecto Nuevo" en el título de la ventana principal). Para poder salvar los datos que se introduzcan en éste, habrá que asignarle un nombre y ruta de acceso o localización. Por lo tanto, la primera vez que intentemos salvarlo nos aparecerá el diálogo Salvar Proyecto Como.

Abrir

Esta opción visualiza el diálogo Abrir Proyecto, que nos permite seleccionar un proyecto para cargarlo y así poder trabajar con él. Se puede crear un proyecto nuevo, tecleando un nombre de proyecto que no exista en ese momento.

Salvar

La opción de salvar proyecto nos permite salvar o grabar, el proyecto en uso, en disco. Si al proyecto no se le ha asignado un nombre, aparecerá el diálogo Salvar Proyecto Como, con el que se podrá nombrar el proyecto o asignarle un nombre de un proyecto existente y elegir donde se va a salvar.

Salvar Como

Esta opción nos permite salvar un proyecto con un nombre nuevo, o en una nueva localización en el disco. Para ello se visualiza el diálogo Salvar Proyecto Como. Se puede introducir directamente el nombre nuevo del proyecto, incluyendo la unidad de disco o dispositivo y el directorio. Si se elige un proyecto existente, se preguntará si se quiere o no sobre escribir el proyecto existente.

Cargar imagen de fondo

Esta opción permite *cargar una plantilla o imagen de fondo* que sirva de guía o referencia a la hora de definir un centro de transformación tipo obra.

Se suele utilizar cuando el usuario tiene dibujada la obra en un cad y desea incorporar la apartamentada A.T. y B.T. sin tener que definir la envolvente en el programa. Los archivos que el programa permite cargar son las imágenes vectoriales (dxf y dwg) y los mapas de bits e imágenes escaneadas (bmp y tif). Las imágenes vectoriales (dxf y dwg), antes de ser cargadas, deben estar realizadas a escala 1:1 en el programa de CAD. Los mapas de bits (bmp y tif), antes de ser cargados, deben calibrarse correctamente. Para ello, el programa necesita las dimensiones reales en metros correspondiente al ancho y alto de la imagen seleccionada como fondo. No debemos confundir estas dimensiones con las propias del formato (A4 0,21x0,297 m, A3 0,42x0,297 m, etc). Las dimensiones a que nos referimos son los metros reales que representa el ancho y alto de la imagen que va a ser leída, las cuales debemos obtener teniendo presente la escala que posea el plano primitivo. Como ejemplo aclaratorio, si la imagen que se pretende leer proviene de un plano ubicado en un formato A4 (0,21x0,297 m) y se encuentra a escala 1:200, las dimensiones solicitadas por el programa serán Ancho: 42 m, Alto: 59,4 m.

Condiciones Generales

Ver Información General, Establecimiento de las Condiciones Generales de un proyecto.

Bases de Datos

Mediante esta opción se puede acceder a las bases de datos del programa, donde se encuentran los datos que utiliza el programa a la hora del diseño y cálculo del proyecto.

Envolventes

En estas tablas se encuentran las bases de datos de las *envolventes de hormigón* que utiliza el programa a la hora de diseñar centros de transformación tipo interior prefabricados.

Existen varios fabricantes:

Comandos

- ABB.
- Alstom.
- Hormi-md. Envoltentes prefabricadas para "abonado" de Hormilec.
- Hormi-mn. Envoltentes prefabricadas para "compañía" de Hormilec.
- Orma-md. Envoltentes prefabricadas para "abonado" de Ormazábal.
- Orma-mn. Envoltentes prefabricadas para "compañía" de Ormazábal.
- Schneider.
- Selma.

El usuario puede *añadir fabricantes* según sus necesidades.

Para cada fabricante se disponen dos *tensiones de aislamiento*: 24 kV (para tensiones nominales iguales o inferiores a 20 kV) y 36 kV (para tensiones nominales mayores a 20 kV y menores o iguales a 30 kV). Algunos fabricantes no disponen de la segunda opción, por lo tanto sus tablas aparecerán en blanco.

Para cada tensión de aislamiento existen diferentes *modalidades de envoltentes*: previstas para incluir sólo celdas A.T. (seccionamiento, paso o distribución) o previstas para incluir uno, dos o tres trafos (envolvente 1 trafa en lateral derecho, envolvente 2 trafos en laterales, envolvente 2 trafos en lateral derecho, envolvente 2 trafos lateral-intermedio y envolvente 3 trafos). Habrá fabricantes que no dispongan de todas las modalidades. Cada tipo tiene definidas las dimensiones generales (puede haber de varias medidas exteriores), las puertas de acceso a trafos y peatones y las rejillas de ventilación. Si la cota o medida de una rejilla está en blanco (es cero), querrá decir que no existe como tal.

Celdas

En estas tablas se encuentran las bases de datos de las *celdas bajo envolvente metálica* que utiliza el programa a la hora de diseñar centros de transformación tipo interior prefabricado y de obra.

Existen varios fabricantes:

- ABB-SF6.
- Alstom.
- IberAire
- InaelSF6.
- Orma-SF6.
- SchneSF6.
- SelmaSF6.

La extensión *SF6* indica que el aislamiento y corte se realiza en hexafluoruro de azufre y *AIRE* indica que se realiza al aire.

El usuario puede *añadir fabricantes* según sus necesidades.

Para cada fabricante se disponen dos *tensiones de aislamiento*: 24 kV (para tensiones nominales iguales o inferiores a 20 kV) y 36 kV (para tensiones nominales mayores a 20 kV y menores o iguales a 30 kV). Algunos fabricantes no disponen de la segunda opción, por lo tanto sus tablas aparecerán en blanco.

Para cada tensión de aislamiento existen diferentes *tipos de celdas*: línea (entrada o salida), protección mediante fusibles, protección mediante interruptor automático, medida, seccionamiento de barras o interruptor, remonte de cables, conmutación automática y línea con autoválvulas pararrayos. Cada tipo tiene definidas las dimensiones generales y las intensidades asignadas al embarrado y de corta duración (1 s). Se puede observar que, para cualquier valor de la intensidad, las dimensiones de la celda siempre son iguales.

Electrodos de tierra

Esta tabla muestra las configuraciones de puesta a tierra tipificadas en el método UNESA, ya sea en *anillo* o mediante *picas en hilera*.

El código de la configuración en anillo viene definido por las dimensiones del rectángulo, la profundidad de enterramiento de los electrodos, el número total de picas y la longitud de éstas.

El código de la configuración de picas en hilera viene definido por la profundidad de enterramiento de los electrodos, el número total de picas y la longitud de éstas.

Para cada código se obtienen los parámetros característicos de la puesta a tierra, *K_r*, *K_p* y *K_c*, fundamentales para el cálculo de la *resistencia de la puesta a tierra*, *tensión de paso máxima* y *tensión de contacto máxima*.

Transformadores

Esta tabla muestra las potencias en kVA de los trafos, así como su tensión de cortocircuito U_{cc} (%) y la componente resistiva de ésta U_{rcc} (%), necesarias para calcular el c.c. en el lado B.T.

Fusibles

Esta tabla muestra los valores nominales de los fusibles de protección de los trafos.

Cambiar Editor

Permite elegir un editor que se tenga instalado, para visualizar y poder modificar los documentos de textos que genera el programa. Es necesario que el editor admita el formato RTF (texto enriquecido). La forma de operar sería buscando en el sistema de archivos y directorios el fichero ejecutable que carga el editor. De este modo, al llamar desde programa a la memoria, anexo, pliego o medición, éstas se cargarían en el editor seleccionado en lugar de hacerlo en el que se proporciona con la aplicación, con lo que el usuario puede trabajar con su herramienta habitual.

Presentación Previa

Abre una ventana especial, que visualiza como se verán los planos del CT al imprimir, mediante la opción "Imprimir...".

Imprimir

Esta opción permite imprimir, el gráfico de la ventana activa, en la impresora o dispositivo de salida (ejemplo plotter) seleccionado.

Fijar escala de impresión

Esta opción permite especificar la *escala de impresión* deseada por el usuario a la hora de la salida a impresora o plotter, o simplemente *ajustar los límites* del plano al tamaño del formato, obteniéndolo de esta manera en sus dimensiones máximas.

Salir

Permite abandonar la aplicación. Si el proyecto actual ha sido modificado, avisa dando la opción de salvarlo

Menú Edición

Deshacer

Esta opción permite deshacer, volver atrás, operaciones realizadas con anterioridad, caso de haber introducido algún valor erróneo, diseñado mal el CT, ejecutado alguna mala operación o simplemente ser este el deseo del usuario.

Modo Selección

Esta opción activa el modo de trabajo por defecto. Este modo permite tener acceso a todas las demás opciones desarrolladas en el programa, o acceder a la zona de edición gráfica con el fin de seleccionar componentes y poder cambiarles propiedades o aplicarles directamente todas las opciones gráficas.

Este modo permite además acceder a la paleta de bloques gráficos y pinchar la opción deseada para insertarla en la zona de edición gráfica deseada por el usuario (diseño del CT).

Una vez introducido un CT o parte de él, si se desea cambiar algún dato o parámetro de un componente, basta pinchar con el ratón sobre ellos para quedar activados (seleccionados en azul en el esquema), reflejándose todos sus valores en la ventana de datos y parámetros (lateral izquierda), por lo tanto basta definir una nueva característica sobre dicha ventana para que quede reflejada en la zona de edición gráfica o internamente.

Esta selección de componentes a la que hemos hecho alusión puede llamarse de alguna manera "individual", existiendo no obstante la selección "múltiple", que permite activar múltiples componentes a la vez. Las opciones que se presentan son las siguientes:

- Si se quiere activar (seleccionar) toda una zona en una sola operación, basta pinchar con el botón izquierdo del ratón en la zona de edición gráfica y arrastrar una ventana punteada hasta un segundo punto, de tal forma que se capture totalmente la zona deseada (para verificarlo ésta debe quedar marcada en azul).

- Una vez hecha una selección individual o una selección por ventana, como la definida anteriormente, si se quieren seguir marcando bloques gráficos en planta o más zonas sin desactivar la parte ya seleccionada, basta mantener pulsada la tecla CTRL del teclado del ordenador y simultáneamente seguir seleccionando individualmente componentes, o marcando nuevas zonas con ventanas de captura.

Modo Orto

Esta opción permite introducir muros o paredes, en los CT tipo obra, siguiendo siempre los ejes X e Y de un sistema tradicional de coordenadas cartesianas (similar a los programas de diseño asistido por ordenador).

Rotar

Esta opción es sumamente útil en los CT tipo obra, pues permite rotar componentes o bloques gráficos (trafos, celdas A.T. y cuadros B.T.), tanto la fase de introducción como una vez dibujados.

Cada pulsación sobre la opción "rotar"  hace girar el bloque gráfico 90° sobre su punto central.

Si en la fase de introducción se utiliza esta opción, los componentes que se sigan introduciendo tendrán la misma orientación que el primero que fue rotado, siempre y cuando no se vuelva a cambiar.

Borrar

Esta opción permite borrar todos los bloques gráficos seleccionados (reflejados en azul).

Menú Ver

Barra de Botones

Esta opción permite activar o desactivar la barra de botones con todas las funciones más usuales de trabajo.

Envolvertes

Esta opción permite activar o desactivar la paleta de envolvertes con todos los tipos de envolvertes prefabricadas.

Celdas

Esta opción permite activar o desactivar la paleta de celdas con todos los tipos de celdas metálicas prefabricadas.

Herramientas

Esta opción permite activar o desactivar la paleta de herramientas, con opciones gráficas y de visión muy útiles.

Planos

Esta opción permite acceder a los planos del centro de transformación.

Ventana de Resultados de Intensidades

Resultados de Intensidades					
Transformador	Potencia(KVA)	Ip(A)	Is(A)	Iccp(kA)	Iccs(kA)
trafo 1	400	17.5	607.75	15.31	15.19
trafo 2	630	27.56	957.21	15.31	23.93

Esta ventana muestra los siguientes datos:

- Denominación de los trafos.
- Potencia de cada trazo.
- Ip: Intensidad en el lado A.T (primario).
- Is: Intensidad en el lado B.T (secundario).
- Iccp: Intensidad de cortocircuito en el lado A.T. (primario).
- Iccs: Intensidad de cortocircuito en el lado B.T. (secundario), en bornes del trazo.

Ver *apéndice técnico* al final del manual.

Ventana de Resultados de Puestas a tierra

Resultados de Puesta a Tierra									
Rt(Ohm)	Id(A)	Ud(V)	Ubt(V)	Up(V)	Upa(V)	Up(acc)	Upa(acc)	Rtn(Ohm)	Dn-p(m)
12.75	300	3825	6000	859.5	1954.29	1737	10748.57	2.03	7.16

Esta ventana muestra los siguientes datos:

- Rt: Resistencia de la puesta a tierra de "protección" (masas del CT).
- Id: Intensidad máxima de defecto a tierra.
- Ud: Tensión de defecto máxima en la instalación.
- Ubt: Nivel de aislamiento a frecuencia industrial del equipo de baja tensión. Su valor debe ser superior a Ud para poder conectar las masas metálicas de este equipo a la p.a.t. de protección.
- Up: Tensión de paso máxima en el exterior de la instalación.
- Upa: Tensión de paso admisible en la instalación. Su valor debe ser mayor a Up, con el fin de evitar tensiones de paso peligrosas en el exterior del C.T.

Comandos

- Up (acc): Tensión de paso máxima en el acceso. Su valor coincide con la tensión de contacto máxima en el exterior (configuración de picas en anillo) o con la tensión de defecto máxima (picas en hilera alejadas).
- Upa (acc): Tensión de paso admisible en el acceso a la instalación. Su valor debe ser mayor a Up (acc), con el fin de evitar tensiones de paso peligrosas en el acceso al C.T.
- Rtn: Resistencia de la puesta a tierra del "neutro" (tierra de servicio).
- Dn-p: Distancia entre los electrodos de la p.a.t. del neutro y los electrodos de la p.a.t. de protección (masas).

Ver *apéndice técnico* al final del manual.

Mensajes

Permite visualizar u ocultar la ventana de mensajes de errores de los cálculos del proyecto.

Zooms

- Zoom Ventana. Permite obtener una visión más amplia de una zona en concreto en el esquema del CT; para ello basta seleccionar dos puntos, diagonalmente opuestos, de esta ventana.
- Zoom 100 %. Permite obtener una visión al 100 % (sin escalado) del esquema del CT.
- Zoom incrementa. Esta opción aumenta progresivamente el esquema del CT.
- Zoom decrementa. Esta opción minimiza progresivamente el esquema del CT.
- Zoom todo. Permite obtener la visión más amplia de todo el esquema del CT, ajustándola a los límites de la zona de edición gráfica.

Vista global

Esta opción permite mostrar la *vista global* de todo el plano, con el fin de no perder nunca la referencia de la zona en la que estamos ubicados. Es posible desplazarse por la zona de edición gráfica actuando sobre dicha vista.

Imagen de fondo

Esta opción permite mostrar u ocultar la imagen de fondo, si con anterioridad había sido cargada.

Cambiar Color de fondo

Esta opción permite cambiar el color de fondo de la zona de edición gráfica, permutando entre color blanco y negro.

Menú Componentes

Centro transformación Interior prefabricado

Las **envolventes prefabricadas de hormigón** descritas a continuación son las normalmente utilizadas en el diseño de centros de transformación de interior tipo "*prefabricado*".

-  **Envolvente de paso, seccionamiento o distribución.** Se utiliza para definir centros que sólo incluyen celdas A.T. (sin trafos ni apartamenta B.T.), o sea, su misión principal no es la transformación de tensión, sino el seccionamiento, derivación o distribución de la línea A.T. Suelen ser centros en bucle, la línea entra y sale hacia otros centros de transformación o distribución. No necesitan rejillas de ventilación, pues no existen elementos generadores de calor (trafos).
-  **Envolvente para 1 trafa lateral.** Se utiliza para definir centros de transformación que incluyen sólo un trafa, situado en el lateral derecho. La situación de rejillas, puertas y trafa es fija, pues viene impuesta por el fabricante seleccionado. Admite una segunda puerta cuando el CT se pretende dividir en dos zonas, una propiedad de la compañía y otra del abonado. Cada fabricante dispone de varias medidas (largoxancho) que cumplen con esta función, reservándose los más alargados para centros que incluyen más celdas A.T. (normalmente los tipo "abonado").
-  **Envolvente para 2 trafos laterales.** Se utiliza para definir centros de transformación que incluyen dos trafos, uno a cada lado de la envolvente. La situación de rejillas, puertas y trafos es fija, pues viene impuesta por el fabricante seleccionado. Muchas veces se suele reservar un trafa y su apartamenta A.T./B.T. Cada fabricante dispone de varias medidas (largoxancho) que cumplen con esta función, reservándose los más alargados para centros que incluyen más celdas A.T. (normalmente los tipo "abonado").
-  **Envolvente para 2 trafos 1 lateral.** Se utiliza para definir centros de transformación que incluyen dos trafos, ambos en el lateral derecho. La situación de rejillas, puertas y trafos es fija, pues viene impuesta por el fabricante seleccionado. Muchas veces se suele reservar un trafa y su apartamenta A.T./B.T. Cada fabricante dispone de varias medidas (largoxancho) que cumplen con esta función, reservándose los más alargados para centros que incluyen más celdas A.T. (normalmente los tipo "abonado").
-  **Envolvente para 2 trafos lateral-intermedio.** Se utiliza para definir centros de transformación que incluyen dos trafos, uno en el centro y otro en el lateral derecho (disposición poco utilizada). La situación de rejillas, puertas y trafos es fija, pues viene impuesta por el fabricante seleccionado. Muchas veces se suele reservar un trafa y su apartamenta A.T./B.T. Cada fabricante dispone de varias medidas (largoxancho) que cumplen con esta función, reservándose los más alargados para centros que incluyen más celdas A.T. (normalmente los tipo "abonado").
-  **Envolvente para 3 trafos.** Se utiliza para definir centros de transformación que incluyen tres trafos, dos a la derecha y uno a la izquierda. La situación de rejillas, puertas y trafos es fija, pues viene impuesta por el fabricante seleccionado. Muchas veces se suele reservar uno o dos trafos y su apartamenta A.T./B.T. Cada fabricante dispone de varias medidas (largoxancho) que cumplen con esta función, reservándose los más alargados para centros que incluyen más celdas A.T. (normalmente los tipo "abonado"). Este tipo de centros no suele ser utilizado por parte de las compañías eléctricas.

Las **celdas metálicas prefabricadas** descritas a continuación son las normalmente utilizadas en el diseño de centros de transformación de interior tipo "*prefabricado y obra*".

-  **Celda de línea.** Es la encargada de recibir el conductor que llega al centro (llamada normalmente celda de "entrada") o interrumpir el conductor de salida a otros centros (llamada normalmente celda de "salida"). Está equipada con un interruptor de corte en carga y un seccionador de puesta a tierra. Son las celdas utilizadas para realizar los bucles en los centros de transformación (una llegada y una o varias salidas).
-  **Celda de interruptor o seccionamiento de barras.** Es la encargada de dejar fuera de servicio la parte del centro de transformación propiedad del abonado.
-  **Celda de protección con fusibles.** Se suele utilizar como protección general del centro de transformación (cuando el mismo posea más de un trafa y sea propiedad del abonado) o como protección propia del transformador. Generalmente realiza su función mediante interruptor y fusibles a.p.r. combinados (la fusión de éstos provoca la apertura del interruptor). Se le pueden añadir relés para protección a sobrecargas, homopolar y termómetro.
-  **Celda de protección con automático.** Se suele utilizar como protección general del centro de transformación (cuando el mismo posea más de un trafa y sea propiedad del abonado) o como protección propia del transformador. Generalmente realiza su función mediante interruptor automático con relés electrónicos (protección a sobrecargas y c.c.). Se le pueden añadir relés para protección homopolar y termómetro.
-  **Celda de medida.** Compuesta por tres transformadores de intensidad y tres de tensión. El equipo de medida compuesto por los contadores, placas de comprobación y reloj se encuentran situados fuera de la celda,

Comandos

para evitar cualquier riesgo para el personal que realiza la lectura. Esta celda se suele instalar en centros de transformación tipo "abonado" con medida de la energía en A.T.

-  **Celda de remonte.** Es simplemente una celda metálica que protege el remonte de los cables, de la línea exterior, hacia el embarrado de las celdas. Se suele instalar en CT en punta cuando no se necesita seccionamiento de la línea de llegada.
-  **Celda de conmutación automática.** Dispone de 2 interruptores enclavados (el cierre de uno provoca la apertura del otro). De esta manera, se puede obtener el suministro eléctrico de la compañía suministradora o, cuando ésta provoque un corte en su red, de un grupo generador.
-  **Celda de línea con autoválvulas.** Es una celda de línea con autoválvulas pararrayos para protección a sobretensiones.

Centro transformación Interior obra

Las *elementos constructivos y aparamenta A.T./B.T.* descritos a continuación son los normalmente utilizados en el diseño de centros de transformación de interior tipo "obra".

-  **Envolvente de obra rectangular.** Representa la envolvente exterior en un CT interior tipo obra. Se permiten definir las dimensiones exteriores (largoxancho), y la anchura y altura del cerramiento exterior. El programa permite, incluso no dibujando envolvente exterior, realizar el diseño del CT trabajando sobre una imagen de fondo, bastaría colocar las celdas A.T., trafos y cuadros B.T.
-  **Muro o pared.** Representa las divisiones interiores de obra en un CT. Normalmente se utiliza para dibujar una pared lateral en la celda de protección del trafo.
-  **Pilar.** Representa un pilar, elemento estructural, en un CT de obra.
-  **Puerta.** Representa los huecos de acceso a peatones y trafos. Puede ser opaca o incorporar uno o dos rejillas. La puerta de acceso a peatones suele tener 1 m de anchura y la de acceso a trafos 1,40 m.
-  **Rejilla de ventilación.** Representa los huecos para ventilación del local. Las rejillas para entrada de aire frío (proviene del exterior) se ubican en zonas inferiores y las de salida de aire caliente (proviene del interior) en zonas superiores, siempre intentando crear una circulación de aire que barra el transformador. Para definir sus dimensiones, es necesario observar la superficie mínima de ventilación en el anexo de cálculo. Esta superficie se refiere a las rejillas de entrada; las de salida serán de dimensiones similares. Sobre el mismo eje vertical se permite dibujar una o dos rejillas, una encima de la otra.
-  **Rejilla de protección de trafo.** Es una malla metálica para protección del transformador, asegurando, por otra parte, la circulación de aire a su través.
-  **Rejilla separadora.** Es una malla metálica para separar la parte del abonado y de la compañía, cuando sea necesaria la división del CT en dos zonas.
-  **Trafo.** Es el equipo de potencia de la instalación, elemento reductor de tensión. Su aislamiento puede ser en "aceite" o "seco".
-  **Cuadro B.T.** Es el armario que incluye las salidas de los circuitos B.T. Cada cuadro posee 4 salidas.

Las celdas metálicas prefabricadas han sido definidas en el apartado anterior.

Centro transformación tipo Intemperie

Los *tipos de apoyos* descritos a continuación son los normalmente utilizados en el diseño de centros de transformación o seccionamiento tipo "intemperie".

-  **Apoyo seccionamiento y/o protección.** Son centros donde no se realiza transformación de tensión (no existe equipo de potencia), tan solo existen elementos de protección o corte. Puede utilizarse para una línea que alimenta a uno o varios CT (basta definir la potencia total existente aguas abajo del centro).
-  **Apoyo entronque aéreo-subterráneo.** Son centros donde no se realiza transformación de tensión (no existe equipo de potencia), tan solo existen elementos de protección o corte y la conexión (mediante botella terminal) del conductor aéreo con el conductor aislado subterráneo. Puede utilizarse para una línea que alimenta a uno o varios CT (basta definir la potencia total existente aguas abajo del centro).
-  **Centro Transformación Intemperie.** Es un apoyo previsto para la incorporación de elementos de protección y/o corte, trafo y equipo B.T. El trafo se instala sobre un plataforma sujeta a la cara del apoyo.

-  **Centro Transformación Compacto.** Es un apoyo previsto para la incorporación de elementos de protección y/o corte, trafo y equipo B.T. Los elementos de protección y corte se instalan sobre el apoyo y el trafo y equipo B.T. se encuentran al lado del apoyo, sobre el terreno.

Los **componentes** descritos a continuación son los normalmente utilizados en el diseño de centros de transformación o seccionamiento tipo "intemperie".

-  **Cadena amarre.** Recibe la línea aérea a su llegada al apoyo. Está constituida por aisladores unidos entre sí y una grapa de amarre del conductor.

-  **Soporte cadena hilo central.** Sirve de apoyo al hilo central de la línea cuando pasa de una cara a otra del apoyo. Es una cadena compuesta por aisladores unidos entre sí y una grapa de suspensión.

-  **Seccionalizador.** Elemento de protección a sobreintensidades capaz de contar el número de disparos del interruptor de cabecera y provocar la apertura automática cuando la falta permanezca.

-  **Seccionador con fusibles de expulsión tipo XS cut-out.** Es un seccionador que incorpora unos fusibles de expulsión para protección a sobreintensidades.

-  **Seccionador.** Elemento que permite abrir o cerrar la línea cuando ésta se encuentra en vacío (sin carga). Según su polaridad, pueden ser tripolares o unipolares. Según su disposición pueden ser verticales o verticales inclinados si se instalan en las caras u horizontales si se instalan en la cogolla.

-  **Seccionador con fusibles unipolares.** Es un seccionador que incorpora unos fusibles unipolares a.p.r. para protección a sobreintensidades.

-  **Fusibles unipolares.** Elementos de protección a sobreintensidades. Abren el circuito en el que están intercalados cuando la corriente que pasa por ellos provoca, por calentamiento, la fusión de uno de sus elementos previstos para este fin. Según su disposición pueden ser verticales o verticales inclinados si se instalan en las caras u horizontales si se instalan en la cogolla.

-  **Autoválvulas pararrayos.** Elemento de protección a sobretensiones. Puede ser instalado en la cara del apoyo, en la cogolla o junto al trafo.

-  **Trafo sobre poste.** Es el equipo de potencia de la instalación, elemento reductor de tensión. Va ubicado en una de las caras del apoyo.

-  **Cuadro B.T. tipo intemperie.** Es el armario que incluye las salidas de los circuitos B.T. Cada cuadro posee 2 salidas normalmente.

-  **Botella terminal.** Es un terminal unipolar que une el conductor desnudo de la línea aérea y el conductor aislado de la red subterránea A.T. (entronque aéreo-subterráneo).

Menú Cálculos

Proyecto

Cálculo del **proyecto completo**. El programa calcula automáticamente las intensidades en el lado de A.T. y B.T., las intensidades de c.c., puestas a tierra, ventilación del local, etc.

Menú Resultados

El programa proporciona una serie de salidas de resultados que se obtienen de los cálculos del proyecto. Estas pueden ser manipuladas directamente por la aplicación y se generan en formatos estándar, que permiten ser cargadas en otras aplicaciones. Tenemos cinco salidas o tipos de resultados: la memoria descriptiva, el anexo de cálculo, el pliego de condiciones, la medición, que se generan en ficheros de texto en formato RTF, y los planos del proyecto, visibles y manipulables desde la ventana principal de la aplicación y que se pueden, o bien imprimir directamente con la opción Proyecto/Imprimir, o generar en formato DXF desde la opción Resultados/Esquemas, siendo reconocible este formato por la mayoría de los programas de dibujo y editores de texto.

Memoria Descriptiva

La *Memoria Descriptiva* del proyecto es aquel documento en el cual se describe completamente la instalación del centro de transformación.

El documento se visualizará por medio de un editor de textos que contiene funciones básicas de edición, permitiéndonos: cambiar tipos y tamaños de letras, imprimir dicho documento y especificar el dispositivo de salida, realizar cambios sobre el texto, pegar fragmentos de otros textos, llevar partes o todo el texto al portapapeles, salvar con un nombre nuevo el mencionado documento, etc. Además, dicho documento se genera en un fichero con formato RTF (formato de texto enriquecido), formato estándar de Windows reconocible por la mayoría de los procesadores de texto. Esto permite poder cargarlo en la herramienta de edición que cada usuario utilice.

Para localizar dicho fichero se denomina el documento con el nombre "*MEMOCTP.RTF*, *MEMOCTO.RTF* Y *MEMOCTI.RTF*", según sea un CT prefabricado, de obra o tipo intemperie, que estarán localizables en el directorio de trabajo del programa.

Anexo de Cálculo

El *Anexo de Cálculo* de un proyecto es aquel documento en el cual se desarrollan, minuciosamente, todos los cálculos de dicho proyecto.

El documento se visualizará por medio de un editor de textos que contiene funciones básicas de edición, permitiéndonos: cambiar tipos y tamaños de letras, imprimir dicho documento y especificar el dispositivo de salida, realizar cambios sobre el texto, pegar fragmentos de otros textos, llevar partes o todo el texto al portapapeles, salvar con un nombre nuevo el mencionado documento, etc. Además, dicho documento se genera en un fichero con formato RTF (formato de texto enriquecido), formato estándar de Windows reconocible por la mayoría de los procesadores de texto. Esto permite poder cargarlo en la herramienta de edición que cada usuario utilice.

Para localizar dicho fichero se denomina el documento con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".JCP", ".JCO" y ".JCI" (según se trate de un CT prefabricado, de obra o tipo intemperie); así, si nuestro proyecto de un CT prefabricado se llama "EJEMPLO", la justificación al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.JCP", que estará localizable en el directorio de trabajo del programa.

Pliego de Condiciones

El *Pliego de Condiciones* del proyecto es aquel documento en el cual se describen de forma minuciosa las características constructivas y de ejecución de todas las instalaciones proyectadas, así como las responsabilidades que debe asumir cada una de las partes que intervienen en la ejecución de la obra.

El documento se visualizará por medio de un editor de textos que contiene funciones básicas de edición, permitiéndonos: cambiar tipos y tamaños de letras, imprimir dicho documento y especificar el dispositivo de salida, realizar cambios sobre el texto, pegar fragmentos de otros textos, llevar partes o todo el texto al portapapeles, salvar con un nombre nuevo el mencionado documento, etc. Además, dicho documento se genera en un fichero con formato RTF (formato de texto enriquecido), formato estándar de Windows reconocible por la mayoría de los procesadores de texto. Esto permite poder cargarlo en la herramienta de edición que cada usuario utilice.

Comandos

Para localizar dicho fichero se denomina el documento con el nombre "*PLIECTP.RTF*, *PLIECTO.RTF* y *PLIECTI.RTF*", según se trate de un CT prefabricado, de obra o tipo intemperie, que estará localizable en el directorio de trabajo del programa.

Medición

La *Medición* del proyecto es aquel documento donde se contabiliza toda la aparamenta A.T. y B.T.

El documento se visualizará por medio de un editor de textos que contiene funciones básicas de edición, permitiéndonos: cambiar tipos y tamaños de letras, imprimir dicho documento y especificar el dispositivo de salida, realizar cambios sobre el texto, pegar fragmentos de otros textos, llevar partes o todo el texto al portapapeles, salvar con un nombre nuevo el mencionado documento, etc. Además dicho documento se genera en un fichero con formato RTF (formato de texto enriquecido), formato estándar de Windows reconocible por la mayoría de los procesadores de texto. Esto permite poder cargarlo en la herramienta de edición que cada usuario utilice.

Para localizar dicho fichero se denomina el documento con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".MCP", ".MCO" y ".MCI", según se trate de un CT prefabricado, de obra o intemperie; así, si nuestro proyecto de un CT tipo intemperie se llama "EJEMPLO", la medición al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.MCI", que estará localizable en el directorio de trabajo del programa.

Esquemas DXF

Es la representación gráfica del centro de transformación, donde se detallan los alzados, esquemas unifilares, etc; se desprenden de los cálculos del proyecto y son la referencia para la ejecución y control de la instalación.

Esta opción nos permite generar dos ficheros que contienen la información gráfica antes referenciada y que pueden ser interpretados por programas de dibujo o de edición, para ello basta pinchar la opción  de la botonera horizontal o escoger dicha opción del Menú Resultados. Los ficheros mencionados se almacenan en formato DXF.

Para localizar dichos ficheros, se denominan los documentos con el nombre del proyecto, seguidos de la extensión " ____CTP.DXF, ____CTO.DXF y ____CTI.DXF" según se trate de un CT prefabricado, de obra o intemperie.

Menú Ayuda

El menú ayuda nos permite acceder a un índice con los contenidos de todos los comandos del menú del programa, así como a una descripción de la filosofía general del programa, ejemplos prácticos resueltos y otras orientaciones sobre el funcionamiento y manejo del programa. Además nos da información general sobre Windows.

Apéndice técnico

- **Resumen de fórmulas**

Resumen de fórmulas

Intensidad en Alta Tensión

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Siendo:

S: Potencia del transformador en kVA.
 U_p: Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p: Intensidad primaria en A.

Intensidad en Baja Tensión

$$I_s = \frac{S \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

Siendo:

S: Potencia del transformador en kVA.
 U_p: Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_s: Intensidad secundaria en A.

Intensidad de cortocircuito en Alta Tensión

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Siendo:

S_{cc}: Potencia de c.c. de la red en MVA.
 U_p: Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp}: Intensidad de c.c. primaria en kA.

Intensidad de cortocircuito en Baja Tensión

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot U_{cc}(\%) \cdot U_s}$$

Siendo:

S: Potencia del transformador en kVA.
 U_{cc}(%): Tensión de c.c. en % del transformador.
 U_s: Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs}: Intensidad de c.c. secundaria en kA.

Dimensionado del embarrado

- Comprobación por densidad de corriente

$$I_{adm} \geq I_{paso}$$

Siendo:

I_{adm}: Intensidad máxima admisible del embarrado en A.
 I_{paso}: Intensidad máxima de paso por el embarrado en A.

- Comprobación por sollicitación electrodinámica

$$\sigma_{max} \geq \frac{I_{ccp}^2 \cdot L^2}{60 \cdot d \cdot W}$$

Siendo:

Apéndice técnico

σ_{max} : Tensión máxima admisible a tracción del material de los conductores en kg/cm². Para cobre semiduro: 2800 kg/cm².

I_{ccp} : Intensidad permanente de c.c. trifásica en kA.

L: Separación longitudinal entre apoyos en cm.

d: Separación entre fases en cm.

W: Módulo resistente de los conductores en cm³.

- Comprobación por sollicitación térmica a c.c.

$$I_{th} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T/t)}$$

Siendo:

I_{th} : Intensidad eficaz en A.

α : 13 para Cu.

S: Sección del embarrado en mm².

ΔT : Elevación o incremento máximo de temperatura (150 °C para Cu).

t: tiempo de duración del c.c. en s.

Dimensionado de la ventilación del centro de transformación

$$S_r = \frac{W_{Cu} + W_{Pe}}{0,24 \cdot K \cdot \sqrt{(h \cdot \Delta T^3)}}$$

Siendo:

W_{Cu} : Pérdidas en el cobre del transformador en kW.

W_{Pe} : Pérdidas en el hierro del transformador en kW.

K: Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire.

h: Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida de aire en m.

ΔT : Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada (15 °C).

S_r : Superficie mínima de la rejilla de entrada de aire para ventilación del transformador en m².

Cálculo de las instalaciones de Puesta a Tierra

- Resistencia de la puesta a tierra

$$R_t = K_r \cdot \rho$$

Siendo:

R_t : Resistencia total de puesta a tierra en Ω .

ρ : Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$.

K_r : Coeficiente K_r del electrodo (parámetro característico según método UNESA).

- Intensidad máxima de defecto a tierra

* Neutro puesto a tierra

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{\{(R_n + R_t)^2 + X_n^2\}}}$$

Siendo:

I_d : Intensidad máxima de defecto a tierra en A.

U: Tensión compuesta o de línea de la red A.T. en V.

R_n : Resistencia de puesta a tierra del neutro de la red A.T. en Ω .

X_n : Reactancia de puesta a tierra del neutro de la red A.T. en Ω .

R_t : Resistencia de puesta a tierra de las masas de MT en el CT en Ω .

* Neutro aislado

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_s \cdot L_s)}{\sqrt{\{1 + (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_s \cdot L_s)^2 \cdot (3R_t)^2\}}}$$

Siendo:

Id: Intensidad máxima de defecto a tierra en A.
 U: Tensión compuesta o de línea de la red A.T. en V.
 $\omega: 2 \cdot \pi \cdot f = \text{velocidad eléctrica (f=50 Hz)}$.
 Ca: Capacidad de la línea aérea A.T. (F/km).
 La: Longitud de la línea aérea A.T. (km).
 Cs: Capacidad de la línea subterránea A.T. (F/km).
 La: Longitud de la línea subterránea A.T. (km).
 Rt: Resistencia de puesta a tierra de las masas de MT en el CT en Ω .

- Nivel de aislamiento del equipo B.T.

$$V_{bt} \geq V_{dm} = R_t \cdot I_d$$

Siendo:

V_{bt}: Nivel de aislamiento (tensión de aislamiento) a frecuencia industrial del equipo de baja tensión en V.
 V_{dm}: Máxima tensión de defecto a tierra en V.
 R_t: Resistencia de la puesta a tierra de las masas en el CT en Ω .
 I_d: Intensidad máxima de defecto a tierra en A.

- Tensión de contacto máxima en la instalación

$$V_{cm} = K_c \cdot \rho \cdot I_d$$

V_{cm}: Tensión de contacto máxima que se produce en el interior o exterior de la instalación en V.
 K_c: Coeficiente K_c de la tensión de contacto (parámetro característico según método UNESA).
 ρ : Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$ para la tensión de contacto máxima en el exterior o Resistividad del pavimento (normalmente hormigón, 3000 $\Omega \cdot m$) para la tensión de contacto máxima en el interior.
 I_d: Intensidad máxima de defecto a tierra en A.

- Tensión de paso máxima en la instalación

$$V_{pm} = K_p \cdot \rho \cdot I_d$$

V_{pm}: Tensión de paso máxima que se produce en el interior o exterior de la instalación en V.
 K_p: Coeficiente K_p de la tensión de paso (parámetro característico según método UNESA).
 ρ : Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$ para la tensión de paso máxima en el exterior o Resistividad del pavimento (normalmente hormigón, 3000 $\Omega \cdot m$) para la tensión de paso máxima en el interior.
 I_d: Intensidad máxima de defecto a tierra en A.

- Tensión de contacto admisible en la instalación

$$V_{cad} = \frac{k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1,5\rho}{1000}\right)$$

Siendo:

V_{cad}: Tensión de contacto máxima admisible en la instalación en V.
 t: tiempo de duración de la falta a tierra en s.
 k, n: coeficientes en función del tiempo de duración de la falta.
 ρ : Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$.

- Tensión de paso admisible en la instalación

$$V_{pad} = \frac{10k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6\rho}{1000}\right)$$

Siendo:

V_{pad}: Tensión de paso máxima admisible en la instalación en V.
 t: tiempo de duración de la falta a tierra en s.
 k, n: coeficientes en función del tiempo de duración de la falta.
 ρ : Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$.

- Tensión de paso admisible en el acceso a la instalación

$$V_{pad} = \frac{10k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3\rho + 3\rho'}{1000}\right)$$

Apéndice técnico

Siendo:

V_{pad}: Tensión de paso máxima admisible en el acceso a la instalación V.

t: tiempo de duración de la falta a tierra en s.

k,n: coeficientes en función del tiempo de duración de la falta.

ρ: Resistividad del terreno en Ω·m.

ρ': Resistividad del pavimento del CT (normalmente hormigón:3000 Ωm).

- Separación entre la puesta a tierra de las masas del CT y la puesta a tierra del neutro

$$D \geq \frac{\rho \cdot I_d}{2000 \cdot \pi}$$

Siendo:

D: Distancia mínima entre las puestas a tierra en m.

ρ: Resistividad del terreno en Ω·m.

I_d: Intensidad de defecto a tierra en A.