

Manual del Usuario

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN URBANIZACIÓN

Instalaciones eléctricas en urbanización

DMELECT, S.L.

Copyright © 1991, 2010. 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

Indice

Introducción

Organización del manual	7
Requerimientos del sistema	7
Instalación del programa	8
Instalación de una actualización	9
Desinstalación del programa	9
Copias de seguridad	9

¿Cómo realizar un proyecto?

Introducción	12
Pasos a seguir en el desarrollo de un proyecto	13
Notas de Interés	15

Módulo base: Configuración gráfica de la urbanización

Descripción del módulo	18
Operatividad del módulo	19

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

Criterios técnicos de diseño	22
Descripción básica del programa	27
Filosofía de trabajo	36
Ejemplo práctico resuelto	40

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

Criterios técnicos de diseño	44
Descripción básica del programa	53
Filosofía de trabajo	62
Ejemplo práctico resuelto	67

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

Criterios técnicos de diseño	72
Descripción básica del programa	75
Filosofía de trabajo	84
Ejemplo práctico resuelto	91

Manipulación o edición gráfica

96

Modificación de propiedades de componentes

100

Manejo de errores del proyecto

102

Indice

Editor de Circuitos	104
----------------------------------	-----

Ventana de Propiedades

Redes de Alumbrado Público, Redes de BT , Redes de AT	107
---	-----

Menú Proyecto

Nuevo	121
Abrir	121
Salvar	121
Salvar Como	121
Condiciones Generales	121
Bases de Datos	130
Cambiar Editor	134
Configurar Copias Seguridad	134
Presentación Previa	135
Imprimir	135
Configurar Impresora	135
Fijar Escala Impresión	135
Salir	135

Menú Edición

Deshacer	137
Cortar	137
Copiar	137
Pegar	137
Modo Selección	138
Modo Enlace	138
Modo Orto	139
Renumerar Nudos-Ramas	139
Borrar	139

Menú Ver

Barra de botones	141
Datos de Línea	141
Resultados Redes de Alumbrado Público, Redes de BT , Redes de AT	141
Mensajes	143
Zooms	143
Vista global	143
Imagen de fondo	143
Nudos-Ramas	143
Texto-Nudos	143
Texto-Ramas	144
Cambiar color de fondo	144

Menú Cálculos

Proyecto	146
----------------	-----

Sobrecargas	146
Cortocircuito	146
Toma Tierra	146

Menú Resultados

Memoria Descriptiva	150
Anexo de Cálculos	150
Pliego de Condiciones	150
Medición	151
Esquemas DXF	151

Apéndice técnico

Resumen de Fórmulas	154
---------------------------	-----

Introducción

- **Organización del manual**
- **Requerimientos del sistema**
- **Instalación del programa**
- **Instalación de una actualización**
- **Desinstalación del programa**
- **Copias de Seguridad**

Organización del manual

Resulta conveniente, antes de comenzar el cálculo de una instalación eléctrica de Baja o Alta Tensión, 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 el **Índice** del Manual se muestran de forma genérica todos los temas de los cuales es posible obtener información, en mayor o menor proporción.

En **Introducción** se define la organización del manual, los requerimientos mínimos del sistema y la instalación-desinstalación del programa. Posteriormente se describe de forma breve “**cómo realizar un proyecto**”.

El **módulo base: Configuración gráfica de la urbanización** es común para todas las instalaciones, y se utilizará para importar y tratar la imagen de la urbanización, polígono industrial, población, etc, sobre la que se dibujará la instalación eléctrica de alta o baja tensión.

El programa **ALP** se utilizará para calcular Redes Eléctricas de Alumbrado público, con distribución mallada y/o ramificada, en urbanizaciones de viviendas, polígonos industriales, vías públicas en general, túneles, parques y jardines, etc. El programa **REDBT** se utilizará para calcular Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión, con distribución mallada y/o ramificada, en poblaciones, urbanizaciones de viviendas, polígonos industriales, en el medio rural, etc. El programa **REDAT** se utilizará para calcular Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión, con distribución mallada y/o ramificada, para dotar de energía eléctrica a poblaciones, urbanizaciones de viviendas, polígonos industriales, edificaciones aisladas en el medio rural cuando las distancias, hasta el punto de acometida, son considerables, etc. Es necesario leer todos los módulos, pues en ellos se muestran las singularidades de cada programa; se han desarrollado los criterios técnicos de diseño, una descripción básica y filosofía de trabajo, y un pequeño ejemplo práctico resuelto.

La **Manipulación o Edición Gráfica** ayudará al usuario a introducir las líneas eléctricas, editar datos, detectar errores, etc.

Los **Componentes gráficos** son los bloques gráficos que se utilizarán para dibujar las redes eléctricas y centros de transformación.

La **Ventana de Propiedades** permite definir o editar los datos y parámetros de cada línea (longitud, potencia, canalización, etc).

Tras describir las líneas generales del programa se pasa a definir, de forma minuciosa, cada uno de los campos establecidos en los diferentes **Menús**.

Se ha desarrollado un **Apéndice técnico** con el resumen de fórmulas empleadas.

Requerimientos del sistema

La configuración mínima para el uso del programa es:

- Ordenador personal compatible con procesador Pentium o superior.

Introducción

- 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.

Instalación del programa

Para realizar el proceso de instalación se deberán realizar las siguientes operaciones:

- Introducir el disco del programa en la unidad CD-ROM.
- Esperar unos segundos hasta que el programa de instalación se ejecute automáticamente. Caso de no tener el arranque automático activado deberá acceder al comando "Ejecutar" situado en el menú del botón "Inicio". Aparecerá una ventana en la que debe escribir D:\SETUP y pulsar "Aceptar" (siendo D la unidad de su lector de CD).
- Una vez iniciado el proceso de instalación, aparecerá una primera pantalla de "Bienvenida". Pulsando la opción "Siguiente" podrá continuar con dicho proceso.
- La segunda pantalla le permite definir la carpeta de destino donde desea instalar el programa. Por defecto aparece asignada una carpeta según los programas o versiones que haya adquirido. Con la opción "Siguiente" acepta la carpeta preasignada y con la opción "Examinar" puede seleccionar cualquier otra.
- La tercera pantalla le permite definir el nombre del "acceso" a los programas.
- Una vez instalado el programa, es conveniente reiniciar el equipo; principalmente si se instala en Windows NT, Windows 2000 o Windows XP.
- Para sistemas con Windows NT, Windows 2000 o Windows XP debe realizar la instalación como Administrador del Sistema o con privilegios de Administrador.

El "Chip" de protección debe colocarlo en el puerto paralelo (salida impresora) o en el puerto USB, según el tipo de protección que haya adquirido. Puede acceder a los programas desde el botón "Inicio", opción Programas.

Si el usuario ha adquirido una *protección de red* debe instalar el software en todos los puestos de trabajo. No obstante, la protección podrá ser instalada en cualquier estación de la red; no es necesario instalarla en el Servidor. En el ordenador donde se haya conectado la protección, se debe instalar, además, el administrador de licencias ejecutando LMSETUP.EXE, que se encuentra en el CD-ROM dentro de la carpeta RED. Debe seguir las instrucciones del programa de instalación.

Instalación de una actualización

La instalación de una actualización se realizará según el proceso indicado anteriormente.

Si una versión nueva se instala en la misma carpeta que una versión anterior, los ficheros son reemplazados directamente. Los proyectos no se ven alterados en ningún sentido.

Si una versión nueva se instala en una carpeta diferente a la de una versión anterior, mantendrá en el ordenador las dos versiones.

Cuando instale una actualización no es necesario que permanezcan instaladas las versiones anteriores, puede desinstalarlas.

Caso de desinstalar una versión, nunca perderá los proyectos realizados con ella.

Desinstalación del programa

Para realizar el proceso de desinstalación del programa o de una versión anterior deberá realizar las siguientes operaciones:

- Acceder al comando "Configuración" situado en el menú del botón "Inicio".
- Seleccionar la opción "Panel de control".
- Elegir la función "Agregar o quitar programas".
- Seleccionar la carpeta que se desea desinstalar.
- Aceptar la desinstalación.

Si desea tener instalada solamente la última versión, siempre debe instalarla después de haber desinstalado todas las anteriores.

Copias de Seguridad

El programa es capaz de realizar dos copias de seguridad del proyecto en elaboración, una copia temporal y una copia del último proyecto salvado.

La copia temporal la hace el programa automáticamente cada cierto tiempo, desde el momento en el que se modifica el proyecto; por defecto cada 30 minutos. Este intervalo de tiempo es configurable desde el menú *Proyecto, Configuración Copias de Seguridad*. La copia de seguridad temporal se almacena en un fichero con el mismo nombre del proyecto y la extensión TMP (si el proyecto se llama "ejemplo", la copia temporal se denominará "ejemplo.TMP"), que se archivará en la carpeta "Proyectos Urbanización" o donde se haya salvado el proyecto. Si el proyecto no ha sido salvado con anterioridad, la copia temporal se llamará "CopiaProyecto.TMP".

Además, cada vez que el usuario salva el proyecto a disco, el programa genera automáticamente una copia del último proyecto salvado. Esta copia se almacena en un fichero con el mismo nombre del proyecto y la extensión BAK (si el proyecto se llama "ejemplo", la copia de seguridad se denominará "ejemplo.BAK"), que se archivará de forma análoga al caso anterior.

Introducción

Si el usuario ha tenido algún problema a la hora de salvar (fallo de suministro eléctrico, etc) y quiere recuperar alguna copia de seguridad realizada por el programa, deberá renombrar la extensión del fichero de seguridad (*.TMP o *.BAK) a *.IUR, que es la extensión propia de los proyectos que lee el programa.

La copia de seguridad almacena la información del edificio y de las diferentes instalaciones, pero no de las imágenes asociadas a las diferentes plantas. En caso de pérdida del archivo de información de imágenes (*.IMG), el usuario deberá volver a cargarlas y asociarlas a las plantas del edificio.

¿Cómo realizar un proyecto?

- **Introducción**
- **Pasos a seguir en el desarrollo de un proyecto**
- **Notas de Interés**

Introducción

El programa **ALP** se utilizará para calcular eléctricamente redes de alumbrado público (este programa no realiza cálculo luminotécnico, pues son los fabricantes de luminarias los que conocen sus datos luminotécnicos). Estas redes parten normalmente desde un cuadro de mando, conectado a la red de distribución pública, y alimentan a luminarias ubicadas en viales, parques, túneles, etc, de una determinada población o urbanización de nueva ejecución.

El programa **REDBT** se utilizará para calcular eléctricamente redes de distribución de baja tensión, tanto para uso público como privado. Estas redes parten normalmente desde un centro de transformación o caja de derivación de una red ya existente, y alimentan a diferentes instalaciones receptoras de una determinada población o urbanización de nueva ejecución. Las instalaciones receptoras pueden ser viviendas, edificios de viviendas, edificios singulares (hoteles, colegios, etc), parcelas de un polígono industrial, edificaciones aisladas en el medio rural, puntos de consumo de un camping, puntos de consumo de un recinto ferial, etc. Estas instalaciones receptoras deberán ser calculadas con los programas CIEBT o VIVI de nuestra empresa. El Centro de Transformación, desde donde parte la red de BT, deberá ser calculado con el programa CT.

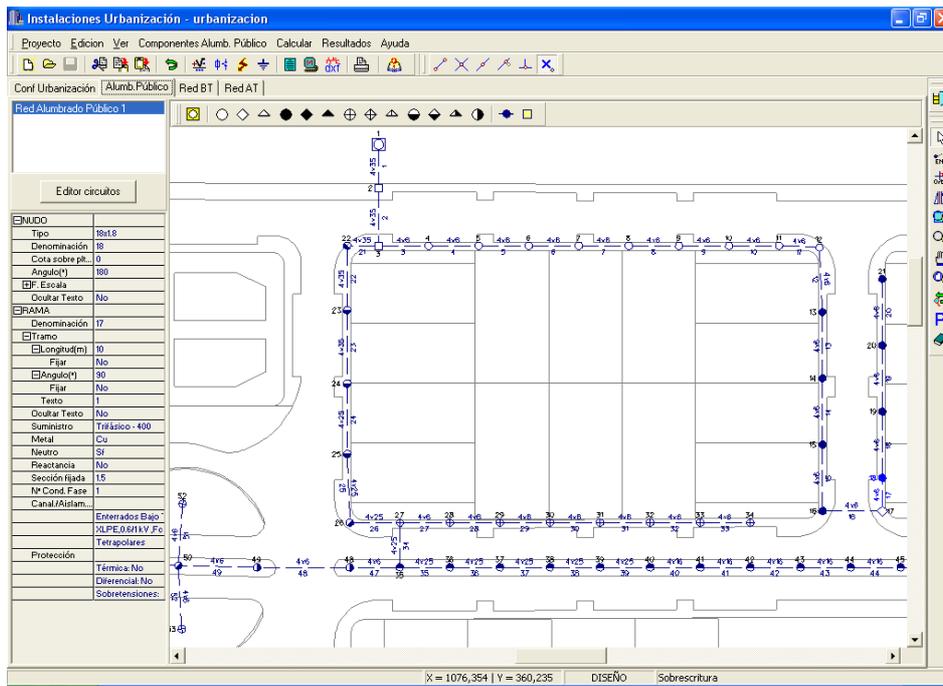
El programa **REDAT** se utilizará para calcular eléctricamente redes de distribución de alta tensión, tanto para uso público como privado. Estas redes parten normalmente desde la celda de línea de un centro de transformación (toma en AT), desde un apoyo de una línea aérea de AT, desde una subestación transformadora AT/AT, etc, y alimentan a centros de transformación AT/BT de una determinada población o urbanización de nueva ejecución. El Centro de Transformación deberá ser calculado con el programa CT y las redes de BT que parten de él y alimentan a las diferentes instalaciones receptoras deberán ser calculadas con el programa REDBT.

Las redes citadas pueden realizarse en disposición mallada y/o ramificada, con cualquier tipo de canalización (aérea, subterránea, interior, etc) y cualquier metal (Cu, Al, Al-Ac, etc).

Al acceder a las aplicaciones se observa, en la parte superior, un **menú general**, donde están disponibles las diferentes opciones de tratamiento de proyectos, de edición, de visualización, de diseño gráfico, de cálculo, de resultados y de ayuda. Las operaciones más comunes, de las indicadas, se encuentran también a disposición del usuario en la **barra de botones** ubicada bajo este menú, para tener acceso directo y agilizar las tareas. A mano derecha se encuentra la **paleta de referencia a objetos**, muy útil para el diseño gráfico de las redes.

Justo a un nivel inferior se encuentran las **pestañas de configuración gráfica de la urbanización** y de las **diferentes instalaciones**. El módulo de configuración de la urbanización contiene todas las opciones necesarias para importar imágenes de fondo (en formato DXF, DWG, BMP, TIF y JPG) y funciones para su posterior tratamiento a gusto del usuario (cambiar los colores de las líneas, quitar capas innecesarias, etc). El módulo de cada instalación contiene las **paletas de componentes** (arquetas, apoyos, celdas AT, cuadros de mando, luminarias, etc), utilizadas en el diseño gráfico de las diferentes instalaciones, y la **ventana de propiedades (datos y parámetros)**, ideal para definir las características técnicas de los componentes y los valores de las variables utilizadas en el cálculo (potencia, longitud, etc). En esta ventana aparece también el **Editor de Circuitos**, que permite dibujar varios circuitos en un mismo proyecto.

La **paleta de herramientas**, en el lateral derecho, recoge las funciones gráficas y de visualización más comunes.



Pasos a seguir en el desarrollo de un proyecto

Recopilación previa

Antes de comenzar a diseñar una instalación es interesante disponer de las plantas de la urbanización dibujadas en un CAD (**DWG** preferentemente, aunque también es posible leer ficheros en formato DXF, BMP, TIF o JPG). Estos ficheros de dibujo deben estar salvados en un directorio del ordenador (no en una unidad de disco externa, CD-ROM o diskette).

También es conveniente haber hecho un estudio previo de las instalaciones, analizando la ubicación de los transformadores, cuadros de mando, luminarias, arquetas, apoyos, conexión con la red AT si es necesario, etc, y estudiando el trazado idóneo de la red eléctrica.

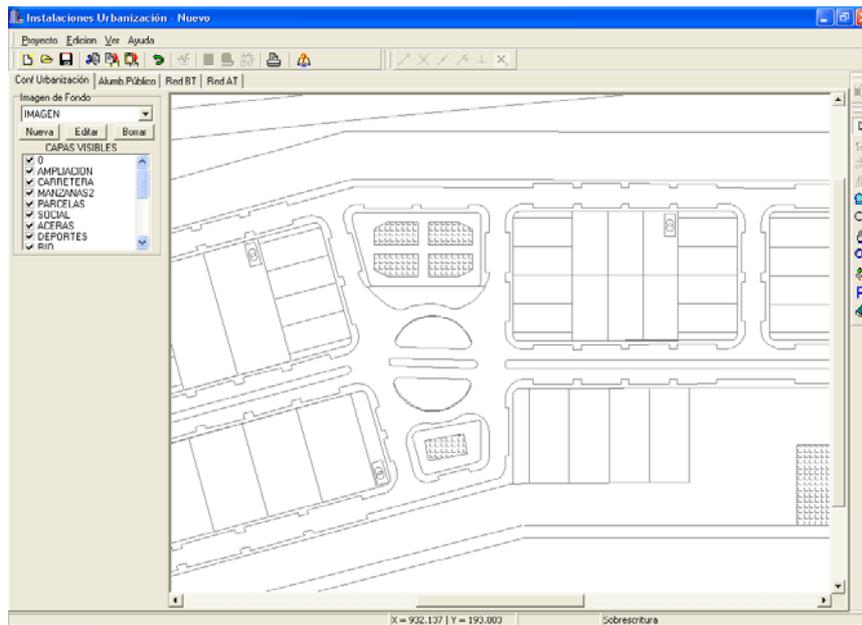
Configuración gráfica de la urbanización

Como es obvio, antes de diseñar instalación alguna, se debe realizar la configuración gráfica de la urbanización, tarea que consiste en importar la imagen de fondo, habilitar las capas del dibujo que sean necesarias, seleccionar el color de la imagen o dejar el que lleva por defecto, definir las medidas reales del dibujo si el formato de la imagen es BMP, TIF o JPG, etc. Si el formato es DWG o DXF la escala del dibujo debe ser 1:1 (una unidad de dibujo en el CAD representa 1 m en la imagen de la urbanización).

Al acceder a este módulo se observa la ventana de propiedades, en el lateral izquierdo, y la zona de visualización gráfica en el centro (en esta zona se verá la imagen una vez que haya sido cargada).

¿Cómo realizar un proyecto?

Por defecto no aparece ninguna imagen cargada (sin imagen); para cargar una imagen se debe actuar sobre la opción “**Nueva**” de la ventana de propiedades (lateral izquierda) y se debe buscar en el directorio donde esté guardada.



Una vez importada la imagen de la urbanización se puede diseñar la instalación o instalaciones deseadas (pasar al módulo correspondiente: alumbrado público, red BT, etc).

Para obtener más información sobre este módulo véase “*Módulo base: Configuración gráfica de la urbanización*”.

Diseño de la instalación

Una vez realizada la configuración de la urbanización se está en disposición de realizar el *diseño gráfico de las instalaciones*.

Para pasar a la instalación deseada basta pinchar en la pestaña correspondiente (Alumb. Público, Red BT, etc).

Una vez abierto el módulo de la instalación que se desea dibujar y calcular (simplemente con haber pinchado sobre su pestaña), los pasos a seguir para realizar el proyecto son los siguientes:

- Definir las “*Condiciones Generales*” o hipótesis de partida, disponibles en el menú “Proyecto”.
- Realizar el diseño gráfico mediante las paletas de componentes que la aplicación pone a su disposición (iconos representativos de los elementos comúnmente utilizados en cada instalación). Es posible crear varios circuitos en un mismo proyecto (Editor de circuitos).

- Simultáneamente al diseño gráfico, se van definiendo las características de los elementos y los valores de las variables en la ventana de propiedades (datos y parámetros).

- Una vez dibujada toda la instalación se calcula el proyecto  y se obtienen los resultados. Las características de las ramas (sección, metal, etc) aparecen en planta, asociadas a cada rama. En las ventanas de resultados (menú Ver) es posible analizar los resultados obtenidos para todos los nudos y ramas (caída de tensión, intensidad, etc).

Para obtener más información sobre la filosofía de trabajo debe estudiar el módulo de cada instalación en concreto (módulo I: Alumb. Público, módulo II: Red BT, etc).

Notas de interés

- Para diseñar gráficamente una red eléctrica bastará seleccionar el icono deseado de la paleta de componentes (trafo, arqueta, etc) y hacer un clic en la zona de edición gráfica, en el lugar previsto en la urbanización. A la vez que se van introduciendo los componentes (nudos), se van introduciendo las ramas que los unen (características en la ventana de propiedades, lateral izquierda). En el proceso continuado de introducción de nudos automáticamente se deriva del último nudo que se haya metido, para derivar de un nudo anterior bastará seleccionarlo con la *flecha de selección* (primera opción de la paleta de herramientas, vertical derecha).

- Si el usuario *desea calcular varios circuitos en un mismo proyecto deberá crearlos primero en el Editor de Circuitos*.

- Si el usuario desea calcular una red de distribución pública conforme a las normas particulares de la compañía suministradora, deberá dejar activas sólo las secciones que la compañía le permita (Condiciones Generales, opción *Secciones*).

- Si el usuario desea calcular una red mallada deberá dibujarla tal y como quedaría en la realidad, representando el cable de ida y el de vuelta (siempre teniendo presente que los nudos y ramas no pueden quedar solapados en el dibujo). Para cerrar la red de vuelta sobre el transformador (nudo ya existente) bastaría seleccionar la opción *Enlace*  de la paleta de herramientas (vertical derecha) y pinchar sobre dicho nudo en la zona de edición gráfica. Es posible calcular una red a calentamiento y caída de tensión  estando mallada, sin embargo no es posible calcular la protección a sobrecargas  ni a cortocircuitos , pues el programa no puede saber la zona de influencia de cada protección dentro de la red mallada. Para calcular las protecciones se debe abrir la red mallada por el punto que estime la compañía suministradora (el más desfavorable, el punto de mínima tensión, etc). Si se desea comprobar la red abriendo por el punto de mínima tensión, por ejemplo, el usuario podrá apreciar que éste es el que aparece de color verde dentro de la red eléctrica, por lo tanto bastará borrar una de las dos ramas que llegan a él para poder calcular (normalmente la que menor intensidad transporte, para que el desajuste de la red abierta respecto a la mallada sea el menor posible). Si se desean calcular las protecciones en una red con doble alimentación (caso común en líneas de alta tensión), también se deberá abrir la red por el punto que se estime oportuno.

- Para hacer un *zoom ventana*  se deberán hacer dos clic, uno en la esquina superior izquierda de la zona que se desea ampliar y otro en la esquina inferior derecha de dicha zona (dos puntos diagonalmente opuestos).

- Para tener una visión general de la urbanización y no perder la referencia de la zona en la que se está trabajando es muy útil tener abierta la **Vista Global**, disponible en el menú Ver.

¿Cómo realizar un proyecto?

- Una vez calculada una instalación es muy interesante abrir la *Ventana de Resultados de Nudos, Líneas y Cortocircuito* (menú *Ver*), donde observar los cálculos del proyecto de una manera rápida.

- Sobre el trazado de la red eléctrica aparecerá un nudo de color verde, es el nudo de mayor caída de tensión del proyecto (es correcto). Sin embargo, si el usuario está trabajando en modo *Comprobación* (menú *Proyecto - Condiciones Generales*) y algún nudo supera la caída de tensión máxima establecida (normalmente 5 %), éste se pondrá de color rojo (no sería correcto).

- Con la ventana de mensajes, de resultados de nudos o resultados de líneas abierta y haciendo un clic sobre uno de los renglones de dichas ventanas, el nudo o rama dibujado en planta se pondrá de color azul. De esta manera se podrá relacionar un resultado de una ventana con el nudo o rama que le corresponda (además, los identificadores o denominación también coincidirán). Si en lugar de hacer un clic sobre la ventana se hiciese un **dobles clic, el programa localizará automáticamente el nudo o rama seleccionado** (hace un zoom adecuado al lugar donde esté situado). Esta opción será muy útil para detectar errores, pues haciendo doble clic sobre un mensaje de error (ventana de mensajes que aparece al calcular el proyecto) el programa localizará de forma inmediata el nudo o rama erróneo.

- Si el usuario desea cambiar propiedades (material, etc) de un gran número de nudos y/o ramas, en una sola operación, puede utilizar la *selección múltiple*. Consiste en pulsar el botón izquierdo del ratón, mantenerlo pulsado y arrastrarlo hacia abajo y hacia la derecha, abriéndose una ventana de captura que englobe parte o toda la red (según el desplazamiento del ratón). Una vez que la ventana esté adecuada a las necesidades del usuario, se deja de pulsar el botón izquierdo y se activarán los diferentes nudos y/o ramas; en ese momento se puede actuar sobre la ventana de propiedades (lateral izquierda) y cambiar las características deseadas.

- Para modificar la longitud o el ángulo de una rama el usuario puede trabajar en modo *Inserción* o *Sobrescritura*. Se pasa de un modo a otro pinchando la tecla *Insert* del teclado del ordenador y se visualiza la opción seleccionada en la parte inferior derecha del programa **Sobrescritura**. En el modo *Sobrescritura* si se cambia la longitud de una rama también se verá afectada la rama adyacente, acortándose o alargándose esta última para que la longitud total de la línea no varíe. Un cambio de ángulo afecta a la rama seleccionada e implica también una modificación en la rama adyacente, no sufriendo variación alguna el resto de red. Un cambio de longitud en modo *Inserción* sólo afecta a la rama seleccionada, manteniéndose intacta la longitud del resto de ramas (por lo tanto, la longitud total de la línea se verá afectada en la misma proporción que la rama seleccionada). Si se cambia el ángulo de una rama en modo *Inserción* la variación afectará a la rama seleccionada, pero se propagará al resto de red aguas abajo (se rota toda la red en la misma proporción).

- El nudo de color verde es el de mayor caída de tensión de toda la red, que cumple con el valor impuesto en condiciones generales. En modo *comprobación*, los nudos de color rojo indican que se ha superado la caída de tensión máxima establecida en condiciones generales (no admisible) y las ramas de color rojo indican que la sección no soporta el paso de corriente (no admisible).

- El programa es capaz de realizar dos copias de seguridad del proyecto en elaboración, una copia temporal (*.TMP) y una copia del último proyecto salvado (*.BAK). Si el usuario ha tenido algún problema a la hora de salvar (fallo de suministro eléctrico, etc) y quiere recuperar alguna copia de seguridad realizada por el programa, deberá renombrar la extensión del fichero de seguridad (*.TMP o *.BAK) a *.IUR, que es la extensión propia de los proyectos que es capaz de leer el programa. Las copias de seguridad se archivan en el directorio "Proyectos Urbanización".

Módulo base: Configuración gráfica de la urbanización

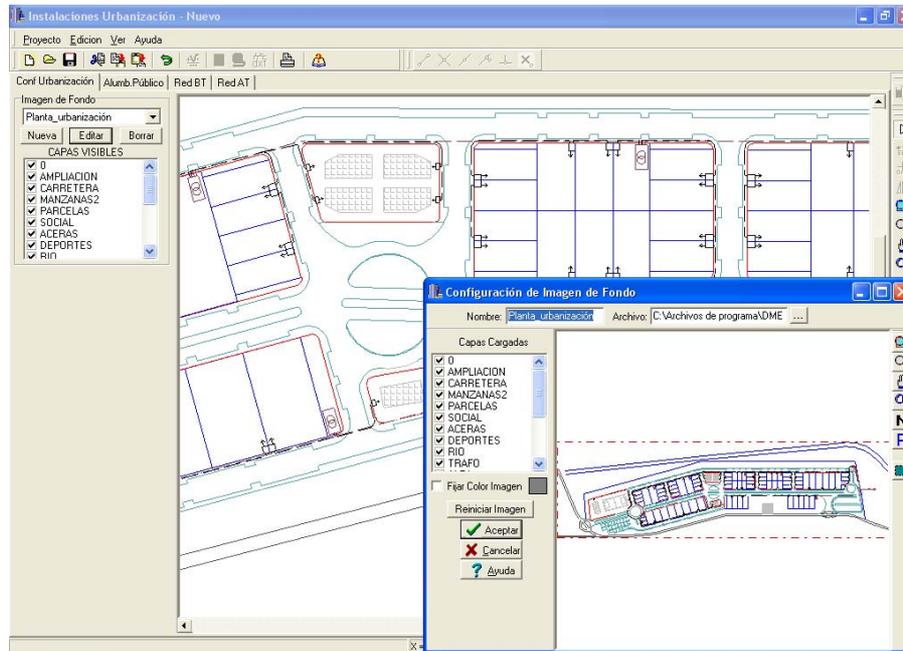
- **Descripción básica del módulo**
- **Operatividad del módulo**

Descripción del módulo

El módulo de “Configuración de la urbanización” es la herramienta de tratamiento gráfico de la imagen de la urbanización.

En la ventana lateral izquierda están todas las opciones de tratamiento de la imagen (Selección de una imagen, Cargar una imagen Nueva, Editar o Borrar una imagen cargada y seleccionar las Capas Visibles). La paleta de herramientas, situada a la derecha, engloba todas las funciones gráficas de visualización.

En la zona central de la pantalla aparecerá la imagen cargada, con el tratamiento que le haya practicado el usuario (quitar capas, cambiar el color, etc).



Ventana de propiedades

Es la ventana, ubicada en el lateral izquierdo, que tiene opciones para cargar y definir las propiedades de la imagen de la urbanización.

La imagen de fondo coincide, normalmente, con la planta de la urbanización.

Las opciones relacionadas con la imagen de fondo son las siguientes:

- Imagen de fondo ▼.
- Nueva.
- Editar.
- Borrar.
- Capas visibles.

La opción *Imagen de fondo* ▼ sirve para seleccionar una imagen de las existentes en la lista desplegable. La opción *Nueva* se utiliza para cargar nuevas imágenes de fondo en DWG, DXF, BMP, TIF o JPG. Una vez cargadas estarán disponibles para ser seleccionadas como planta de la urbanización. La opción *Editar* sirve para modificar la imagen activa en la lista. La opción *Borrar* suprime la imagen activa en la lista. Todas estas opciones permiten el tratamiento de las imágenes de fondo cargadas en la aplicación.

Según lo visto anteriormente, se deduce que:

- La opción *imagen de fondo* ▼ se utiliza para seleccionar la imagen activa. Una vez elegida es posible aplicarle las funciones de tratamiento de imágenes (editar o borrar). La imagen seleccionada será la que esté disponible posteriormente en cada módulo (Alumb. Público, Red BT, etc).
- La opción *Nueva* permite cargar nuevos dibujos y tenerlos disponibles en la lista de imágenes de fondo. Los archivos que el programa permite cargar son las imágenes vectoriales (dxf y dwg) y los mapas de bits e imágenes escaneadas (bmp, tif y jpg). Las imágenes vectoriales (dxf y dwg), antes de ser cargadas, deben estar realizadas a escala 1:1 en el programa de CAD (una unidad de dibujo representa un metro en la realidad). Los mapas de bits (bmp, tif y jpg), 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.
- La opción *Editar* actúa sobre la imagen seleccionada. Permite editar la imagen activa en la lista y modificarla.
- La opción *Borrar* actúa sobre la imagen seleccionada. Permite borrar la imagen activa en la lista.
- La opción *Capas Visibles* permite al usuario definir las capas que desea visualizar de la imagen de la urbanización, pudiendo desechar aquellas que sean innecesarias para dibujar las instalaciones eléctricas.

Operatividad del módulo

Por defecto, al acceder a este módulo base, aparece visible la opción "SIN IMAGEN". Esto significa que no existe imagen alguna susceptible de ser seleccionada. Para cargar una imagen se debe pulsar la opción "*Nueva*" de la ventana de propiedades. Aparecerá una ventana para el tratamiento del dibujo. Antes de nada se debe buscar la imagen pulsando el icono activo  de la opción "Archivo". La nueva ventana que se muestra es la típica de Windows. Permite cargar archivos en DWG, DXF, BMP, TIF o JPG (siempre es preferible trabajar con DWG, pues al ser ficheros de menor tamaño, la aplicación trabajará más rápidamente). Para buscar el *fichero de la imagen* se van abriendo carpetas hasta localizar el directorio donde esté guardado dicho fichero. Una vez localizado, se marca y se pulsa la opción "abrir".

Módulo base: Configuración gráfica de la urbanización

Tras esta operación la aplicación le devuelve a la ventana previa para el tratamiento del dibujo. Esta ventana tan sencilla es de una enorme potencia, pues le permite *cambiar el nombre* al fichero, *descartar capas* que no le sirvan (un dibujo con menor información se trabaja más rápidamente), *capturar*  sólo una zona del dibujo (mediante una ventana que encierre solo una parte del dibujo visible en pantalla, descartando la zona de la imagen que no esté incluida en la ventana marcada), y tener disponibles todas las funciones gráficas de visualización (zoom ventana, zoom en tiempo real, encuadre en tiempo real, zoom todo, color de fondo blanco-negro y redibujar). La opción de *captura* es muy importante para un caso en concreto: ocurre algunas veces que la imagen importada desde un cad tiene una zona de influencia muy grande, tanto es así que parece que la imagen no se ha podido cargar (se observa una línea roja de trazos y puntos y no se ve imagen alguna). En realidad la imagen está cargada, pero está en una esquina muy chiquitita. En estos casos se puede captar la imagen (cuando se haya localizado) mediante la ventana de captura  y el programa desechará el resto de dibujo que no sirve para nada (zona en blanco, sin datos). Otra opción es limpiar el dibujo en el cad. Para hacer esto se deberá abrir la imagen en el programa de dibujo que se hizo (autocad, etc), marcarla y copiarla, pegarla sobre un proyecto nuevo (con lo cual la nueva zona de influencia será únicamente la de la imagen copiada, ya se habrá desechado el resto del dibujo) y salvarla con un nuevo nombre. Esta nueva imagen aparecerá sin problemas al ser cargada nuevamente desde nuestro programa.

La opción *Fijar Color Imagen* de fondo es sumamente útil, pues permite asociar un mismo color a todas las entidades del dibujo (líneas, textos, bloques, etc). Una vez activada esta opción, pulsando sobre el cuadrado coloreado que existe a mano derecha se abre la paleta de colores, que permite seleccionar el color deseado para la imagen de fondo. Tener la imagen de fondo en un tono difuso (gris claro, magenta, etc) permite que las instalaciones (red de alumbrado público, red de baja tensión, etc) resalten sobre dicha imagen, con lo cual mejora su apreciación. Cabe recordar que en *Condiciones Generales* se puede indicar un color diferente para las instalaciones, con lo cual el nivel de diferenciación entre la imagen de fondo y la red puede ser máximo. Recuerde que aunque lea todas las capas del dibujo (opción Capas Cargadas), posteriormente podrá tener activadas sólo las estrictamente necesarias para dibujar las instalaciones eléctricas (opción Capas Visibles). Una vez tratado el dibujo puede pulsar "aceptar" y la imagen estará disponible en el menú desplegable de las imágenes de fondo.

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

- **Criterios técnicos de diseño**
- **Descripción básica del programa**
- **Filosofía de trabajo**
- **Ejemplo práctico resuelto**

Criterios técnicos de diseño

Iluminancias y Uniformidades de los viales

En cuanto a iluminancias y uniformidades de iluminación, los valores aconsejados para viales de ámbito municipal (en España) se indican en la publicación sobre Alumbrado Público del Ministerio de la Vivienda (1965), y que figuran en la siguiente tabla:

<u>TIPO DE VIA</u>	<u>VALORES MINIMOS</u>		<u>VALORES NORMALES</u>	
	Iluminación Media lx	Factor de Uniformidad	Iluminación Media lx	Factor de Uniform.
Carreteras de las redes básica o afluente	15	0.25	22	0.30
Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes básica o afluente	15	0.25	22	0.30
Vías principales o de penetración continuación de carreteras de la red comarcal	10	0.25	15	0.25
Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes local o vecinal	7	0.20	10	0.25
Vías industriales	4	0.15	7	0.20
Vías comerciales de lujo con tráfico rodado	15	0.25	22	0.30
Vías comerciales con tráfico rodado, en general	7	0.20	15	0.25
Vías comerciales sin tráfico rodado	4	0.15	10	0.25
Vías residenciales con tráfico rodado	7	0.15	10	0.25
Vías residenciales con poco tráfico rodado	4	0.15	7	0.20
Grandes plazas	15	0.25	20	0.30
Plazas en general	7	0.20	10	0.25
Paseos	10	0.25	15	0.25

Tipo de luminaria

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes a la norma UNE-EN 60.598-2-3 y la UNE-EN 60.598-2-5 en el caso de proyectores de exterior.

La conexión se realizará mediante cables flexibles, que penetren en la luminaria con la holgura suficiente para evitar que las oscilaciones de ésta provoquen esfuerzos perjudiciales en los cables y en los terminales de conexión, utilizándose dispositivos que no disminuyan el grado de protección de luminaria IP X3 según UNE 20.324.

Los equipos eléctricos de los puntos de luz para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54 según UNE 20.324, e IK 8 según UNE-EN 50.102, montados a una altura mínima de 2,5 m sobre el nivel del suelo

Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90.

Soportes

Las luminarias irán sujetas sobre columnas-soporte de forma tronco-cónica, que se ajustarán a la normativa vigente (en el caso de que sean de acero deberán cumplir el RD 2642/85, RD 401/89 y OM de 16/5/89). Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie o estarán debidamente protegidas contra éstas, no debiendo permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación del agua de condensación. Los soportes, sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las sollicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5.

Las columnas irán provistas de puertas de registro de acceso para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra, por lo menos a 0,30 m. del suelo, dotada de una puerta o trampilla con grado de protección IP 44 según UNE 20.324 (EN 60529) e IK10 según UNE-EN 50.102, que sólo se pueda abrir mediante el empleo de útiles especiales. En su interior se ubicará una tabla de conexiones de material aislante, provista de alojamiento para los fusibles y de fichas para la conexión de los cables.

La sujeción a la cimentación se hará mediante placa de base a la que se unirán los pernos anclados en la cimentación, mediante arandela, tuerca y contratuerca.

Canalizaciones

Redes subterráneas

Se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07. Los cables se dispondrán en canalización enterrada bajo tubo, a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo, medidos desde la cota inferior del tubo, y su diámetro no será inferior a 60 mm.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos $D > 1$ mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado exterior, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10 m y a 0,25 m por encima del tubo.

En los cruzamientos de calzadas, la canalización, además de entubada, irá hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.

A fin de hacer completamente registrable la instalación, cada uno de los soportes llevará adosada una arqueta de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapa de fundición de 37x37 cm.; estas arquetas se ubicarán también en cada uno de los cruces, derivaciones o cambios de dirección.

La cimentación de las columnas se realizará con dados de hormigón en masa de resistencia característica $R_k = 175$ Kg/cm², con pernos embebidos para anclaje y con comunicación a columna por medio de codo.

Redes aéreas

Se emplearán los sistemas y materiales adecuados para las redes aéreas aisladas descritas en ITC-BT-06.

Podrán estar constituidas por cables posados sobre fachadas o tensados sobre apoyos. En este último caso, los cables serán autoportantes con neutro fiador o con fiador de acero.

Las acometidas podrán ser subterráneas o aéreas con cables aislados, realizándose de acuerdo con las prescripciones particulares de la compañía suministradora. La acometida finalizará en la caja general de protección y a continuación de la misma se dispondrá el equipo de medida.

Conductores

Los conductores a emplear en la instalación serán de Cu, multiconductores o unipolares, tensión asignada 0,6/1 KV, enterrados bajo tubo o instalados al aire.

La sección mínima a emplear en redes subterráneas, incluido el neutro, será de 6 mm². En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm², la sección del neutro será conforme a lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-07. Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 0,3 m sobre el nivel del suelo o en una arqueta registrable, que garanticen, en ambos casos, la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

La sección mínima a emplear en redes aéreas, para todos los conductores incluido el neutro, será de 4 mm². En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm², la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase.

La instalación de los conductores de alimentación a las lámparas se realizará en Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de 2x2,5 mm² de sección, protegidos por c/c fusibles calibrados de 6 A. El circuito encargado de la alimentación al equipo reductor de flujo, compuesto por Balastro especial, Condensador, Arrancador electrónico y Unidad de conmutación, se realizará con conductores de Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de 2,5 mm² de sección mínima.

Las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto será menor o igual que el 3 %.

Sistemas de protección

En primer lugar, la red de alumbrado público estará protegida contra los efectos de las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos) que puedan presentarse en la misma (ITC-BT-09, apdo. 4), por lo tanto se utilizarán los siguientes sistemas de protección:

- Protección a sobrecargas: Se utilizará un interruptor automático o fusibles ubicados en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm²) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.

- Protección a cortocircuitos: Se utilizará un interruptor automático o fusibles ubicados en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm²) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.

En segundo lugar, para la protección contra contactos directos e indirectos (ITC-BT-09, apdos. 9 y 10) se tomarán las medidas siguientes:

- Instalación de luminarias Clase I o Clase II. Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra, mediante cable unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm² en cobre.

- Ubicación del circuito eléctrico enterrado bajo tubo en una zanja practicada al efecto, con el fin de resultar imposible un contacto fortuito con las manos por parte de las personas que habitualmente circulan por el acerado.

- Aislamiento de todos los conductores, con el fin de recubrir las partes activas de la instalación.

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

- Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes, los cuales necesitarán de útiles especiales para proceder a su apertura (cuadro de protección, medida y control, registro de columnas, y luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público).

- Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias y del cuadro de protección, medida y control estarán conectadas a tierra, así como las partes metálicas de los kioscos, marquesinas, cabinas telefónicas, paneles de anuncios y demás elementos de mobiliario urbano, que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente.

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ohm. También se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ohm y a 1 Ohm, respectivamente. En cualquier caso, la máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control. En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea. Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm² de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.

- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm² para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm² de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

En tercer lugar, cuando la instalación se alimente por, o incluya, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, será necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico (ITC-BT-09, apdo. 4) en el origen de la instalación (situación controlada).

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro, y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla siguiente, según su categoría.

<u>Tensión nominal de la instalación (V)</u>		<u>Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV)</u>							
Sistemas III	/	Sistemas II	Cat. IV	/	Cat. III	/	Cat. II	/	Cat. I
230/400		230	6		4		2,5		1,5

Categoría I: Equipos muy sensibles a sobretensiones destinados a conectarse a una instalación fija (equipos electrónicos, etc).

Categoría II: Equipos destinados a conectarse a una instalación fija (electrodomésticos y equipos similares).

Categoría III: Equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija (armarios, embarrados, protecciones, canalizaciones, etc).

Categoría IV: Equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores, aparatos de telemedida, etc).

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla anterior, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural (bajo riesgo de sobretensiones, debido a que la instalación está alimentada por una red subterránea en su totalidad), cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección a sobretensiones es adecuada.

Composición del cuadro de protección, medida y control

La envolvente del cuadro proporcionará un grado de protección mínima IP55, según UNE 20.324 e IK10 según UNE-EN 50.102, y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, con su puerta de acceso situada a una altura comprendida entre 2 m y 0,3 m.

El cuadro estará compuesto por los siguientes elementos.

- 1 Ud. armario de poliéster prensado, protección IP-669, con departamento separado para equipo de medida.
- 4 Ud. base fusible.
- 1 Ud. contactor.
- 1 Ud. interruptor diferencial.
- 1 Ud. célula fotoeléctrica.
- 1 Ud. interruptor horario.
- 1 Ud. interruptor magnetotérmico.
- C/c fusibles para protección de circuitos a células y contactores de 6 A.

Descripción básica del programa

Este módulo permite dibujar y calcular eléctricamente redes de alumbrado público con distribución mallada y/o ramificada, con cualquier sistema de canalización, suministro y metal. Con este fin, pone a disposición del usuario herramientas gráficas para realizar el diseño de la forma más simple posible. La paleta de componentes se utiliza para dibujar los bloques gráficos

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

en planta (cuadro de mando, luminaria, arqueta, etc), la ventana de propiedades para definir los datos y parámetros de todos los elementos y la paleta de herramientas sirve de apoyo al diseño (opciones de visualización, borrar, etc).

A grandes rasgos el programa presenta nueve zonas bien diferenciadas, las cuales quedan descritas a continuación (de arriba hacia abajo):

Zona 1: **Menú General** de opciones.

Zona 2: **Botonera** de acceso directo a los comandos más usuales.

Zona 3: Paleta de **referencia a objetos**.

Zona 4: **Pestañas de selección** de las diferentes instalaciones.

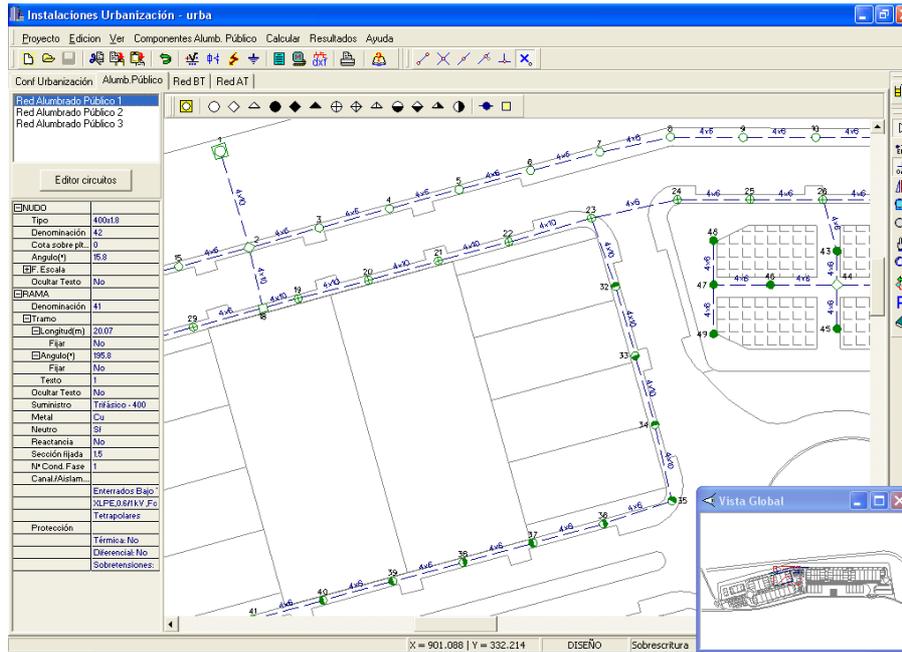
Zona 5: Paleta de **Componentes gráficos**.

Zona 6: **Editor de Circuitos**.

Zona 7: Ventana de **Propiedades** de componentes (Datos y Parámetros de nudos y ramas).

Zona 8: Paleta de **Herramientas**.

Zona 9: 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 Alumb. Público - 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, 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 los resultados en otro elegido por el usuario (word, wordperfect, etc.), configurar el tiempo para realizar las copias de seguridad automáticas, hacer una presentación previa del esquema 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, configurar la impresora, fijar la escala de impresión o salir del programa.

El Menú **Edición** recoge las opciones gráficas del programa, permitiendo deshacer operaciones realizadas, cortar o copiar todos aquellos nudos y ramas que se hayan seleccionado (identificados en azul en el esquema) y llevarlos al portapapeles, pegar en la zona de edición gráfica, en el lugar deseado por el usuario, todos los nudos y ramas que habían sido cortados o copiados anteriormente, escoger el modo usual de trabajo, 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 nudos y/o ramas y poder cambiarles propiedades o aplicarles directamente las opciones gráficas descritas, escoger el modo enlace para tener la posibilidad de enlazar el nudo origen con otros nudos de la red, trabajar en modo orto a la hora de introducir nudos y ramas 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), renumerar los nudos y ramas en función del orden de introducción o por recorrido en profundidad, y borrar todos aquellos nudos y ramas seleccionados en la zona de edición gráfica (reflejados en azul).

El Menú **Ver** permite activar o desactivar las barras de botones y la ventana de edición de datos. Permite mostrar además la ventana de resultados de nudos, líneas, cortocircuito y mensajes, una vez se haya calculado un proyecto, visualizar el anexo de cálculos (resultados de nudos y ramas) por orden de introducción o recorrido en profundidad, 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, visualizar o no los nudos y ramas, así como el texto que acompaña a éstos, seleccionar el modo gráfico de trabajo 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 tipos de bloques gráficos que existen comúnmente en una red de alumbrado público. La introducción de componentes se puede realizar a través de este menú o, preferiblemente (por rapidez), a través de la paleta de componentes.

El cuadro de mando  es el nudo que suministra la energía eléctrica a la red y que incluye las protecciones, las luminarias de 125 W  , 150 W  , 250 W  , 18 W  , 35 W  , 50 W  , 70 W  , 80 W  , 100 W  , 400 W  , 600 W  , 700 W  y 1000 W  son los tipos de nudos de consumo (puntos de luz), la caja de registro/derivación  representa un punto de registro (similar a una caja de derivación de una red aérea) y la arqueta  es un registro de una red subterránea (puede ser prefabricada o de obra).

El Menú **Cálculos** permite calcular el proyecto a calentamiento y caída de tensión, la protección a sobrecargas, la protección a cortocircuito y la puesta a tierra de la instalación.

El Menú **Resultados** proporciona la Memoria Descriptiva y Anexo de Cálculos del proyecto, el Pliego de Condiciones y la Medición completa, genera dichos documentos en formato RTF para ser leídos desde cualquier tratamiento de textos, y crea el Plano de la red en

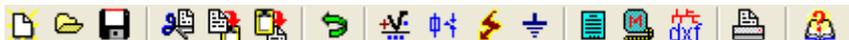
Módulo I: Redes de Alumbrado Público

planta en formato DXF para rescatarlo 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.
-  Cortar los nudos y ramas seleccionados en la zona de edición gráfica y transportarlos al portapapeles.
-  Copiar los nudos y ramas seleccionados en la zona de edición gráfica y transportarlos al portapapeles.
-  Pegar en la zona de edición gráfica los nudos y ramas que anteriormente se habían cortado o copiado.
-  Deshacer operaciones ya efectuadas.
-  Calcular el proyecto completo.
-  Calcular la protección a sobrecargas de la red.
-  Calcular la protección a cortocircuito de la red.
-  Calcular la puesta a tierra de la instalación.
-  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.

 Generar el plano de planta de la red eléctrica en fichero DXF para ser leído desde un programa de diseño asistido por ordenador (CAD) o un tratamiento de textos.

 Imprimir la red visualizada en la zona de edición gráfica.

 Acceder a la Ayuda del programa.

Zona 3 – Paleta de referencia a objetos

Permite introducir la red de alumbrado público tomando referencias de la imagen de fondo, si la hay, o de la propia red.



Las posibilidades se muestran a continuación.

 Punto final de una línea.

 Intersección de líneas.

 Punto medio de una línea.

 Punto Cercano sobre una línea.

 Perpendicular a una línea.

 Ninguna referencia.

La opción por defecto, *ninguna referencia*, no permite tomar referencias de la imagen de fondo ni de la propia red. Si un usuario introduce un nudo encima de otro sin ninguna referencia, el programa no hace enlace alguno, simplemente se limita a ubicar dos nudos solapados. Esto sería incorrecto, pues nunca deben existir nudos superpuestos (entre dos nudos siempre debe haber una rama, conductor eléctrico, etc).

La opción *punto final* permite introducir un nudo tomando como referencia el punto final de una línea de la imagen de fondo. Si se hace sobre una línea o rama de la propia red el programa hace automáticamente un enlace; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Punto Final* a indicar *Punto Final – Enlace*.

La opción *intersección* permite introducir un nudo tomando como referencia la intersección de dos líneas de la imagen de fondo. Si se hace sobre la intersección de dos líneas o ramas de la propia red el programa hace automáticamente un enlace; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Intersección* a indicar *Intersección – Enlace*.

La opción *punto medio* permite introducir un nudo tomando como referencia el punto medio de una línea de la imagen de fondo. Si se hace sobre una línea o rama de la propia red el programa inserta automáticamente un nudo en mitad de la rama, dividiendo a ésta en dos partes

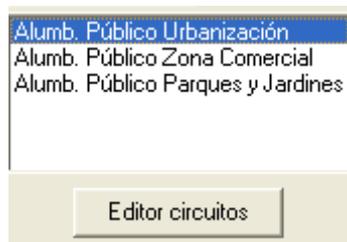
-  Luminaria de 250 W.
-  Luminaria de 18 W.
-  Luminaria de 35 W.
-  Luminaria de 50 W.
-  Luminaria de 70 W.
-  Luminaria de 80 W.
-  Luminaria de 100 W.
-  Luminaria de 400 W.
-  Luminaria de 600 W.
-  Luminaria de 700 W.
-  Luminaria de 1000 W.

No obstante, la potencia asociada a cada icono se puede cambiar en las Condiciones Generales del proyecto, opción *Luminarias*. Si se desea representar una farola de tres brazos, por ejemplo, bastará indicar la potencia total (suma de las 3 luminarias) en el icono preferido por el usuario.

Nudos de Paso o Derivación

-  Caja de registro/derivación (para redes aéreas).
-  Arqueta (para redes enterradas).

Zona 6 – Editor de circuitos



Esta opción permite al usuario calcular diferentes circuitos en un mismo proyecto. El circuito activo, que aparece remarcado de color azul, es sobre el que el usuario está trabajando (es posible cambiarle propiedades, calcularlo, etc).

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

Dentro del Editor el programa permite crear, borrar y copiar circuitos. También se puede especificar si se desea que un circuito esté visible cuando no es el circuito activo, y que aparezcan sus resultados en el anexo de cálculos, medición o planos.

Zona 7 - Ventana de Propiedades de componentes

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

<input type="checkbox"/> NUDO	
Tipo	Arqueta
Función	Derivación
Denominación	2
Cota sobre plt...	0
Angulo(*)	149.39
<input checked="" type="checkbox"/> F. Escala	
Ocultar Texto	No
<input type="checkbox"/> RAMA	
Denominación	2
<input type="checkbox"/> Tramo	
<input type="checkbox"/> Longitud(m)	20.07
Fijar	No
<input type="checkbox"/> Angulo(*)	15.7
Fijar	No
Texto	1
Ocultar Texto	No
Suministro	Trifásico - 400
Metal	Cu
Neutro	Sf
Reactancia	No
Sección fijada	1.5
Nº Cond. Fase	1
Canal./Aislam...	
	Enterrados Bajo Tubo
	XLPE,0.6/1 kV, Fc:0.8
	Tetrapolares
Protección	
	Térmica: No
	Diferencial: No
	Sobretensiones: No

Datos y parámetros de Nudos

La opción tipo sirve para modificar la representación gráfica de un nudo, una vez introducido en la red, la función permite identificar al nudo como paso (simple registro o cambio de dirección) o derivación (estrellamiento de la red), la denominación se utiliza para poner nombre al nudo (caso de obviar esta opción el programa asigna automáticamente una numeración sucesiva), la cota se utiliza para definir la altura del nudo sobre la urbanización, el ángulo permite rotar los nudos de la red, el factor escala permite representar el nudo y su texto asociado de mayor o menor tamaño y la opción ocultar texto permite ocultar o visualizar el texto asociado al nudo.

Datos y parámetros de Ramas

La denominación se utiliza para poner nombre a la rama (caso de obviar esta opción el programa asigna automáticamente una numeración sucesiva), las opciones Fijar Longitud y Angulo permiten fijar los valores de longitud y ángulo al introducir un nudo y una rama en la zona de edición gráfica (caso de no seleccionar esta opción el movimiento del ratón por la pantalla da las coordenadas del nudo a introducir, traducidas en longitud y ángulo), la opción ocultar texto permite ocultar o visualizar el texto asociado a una rama, el suministro hace referencia al nº de fases y tensión del tramo, el metal indica la constitución del conductor, el neutro puede ser distribuido o no (en redes trifásicas, si se transporta el neutro, además de

la tensión de línea – 400 V -, se dispone de la tensión de fase – 230 V -), la reactancia influye en la caída de tensión de la línea eléctrica, pero puede ser o no considerada por el usuario, en modo de cálculo comprobación (Condiciones Generales), el usuario puede fijar la sección y nº de conductores por fase si lo desea, la Canal./Aislam/Polar. permite definir las características del circuito eléctrico, en cuanto a sistema de canalización empleado, aislamiento y nivel de aislamiento del conductor y polaridad de los cables, la protección puede ser contra sobrecargas (térmica), contra defectos de aislamiento que provocan tensiones de contacto peligrosas (diferencial), contra caída de rayos en las líneas (sobretensiones transitorias, de origen atmosférico) y contra averías en la instalación por corte de neutro, etc (sobretensiones permanentes).

Zona 8 - Paleta de Herramientas

Permite tener acceso directo a las *operaciones más usuales* de edición gráfica y visualización de la red. Se encuentra en la zona lateral 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.



 **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 nudos y/o ramas, para poder cambiarles propiedades o aplicarles directamente todas las opciones gráficas. Este modo permite además acceder a las paletas de componentes y pinchar la opción deseada para insertarla en la zona de edición gráfica (introducción de la red).

 **Modo Enlace.** Este modo de trabajo permite enlazar el nudo origen que estaba activo con cualquier nudo de la red.

 **Modo Orto.** Permite introducir nudos y ramas 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).

 **Simetría.** Permite hacer una copia simétrica de los nudos y ramas seleccionados.

 **Zoom Ventana.** Permite obtener una vista ampliada de una zona en concreto; para ello basta seleccionar dos puntos, diagonalmente opuestos, de dicha zona.

 **Zoom en tiempo real.** Esta opción aumenta o disminuye el tamaño aparente de la imagen que aparece en pantalla.

 **Encuadre en tiempo real.** Esta opción mueve la posición del dibujo en cualquier dirección bidimensional.

 **Zoom todo.** Permite obtener la visión más amplia del dibujo completo, ajustándola a los límites de la zona de edición gráfica.

 **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 nudos y ramas seleccionados (reflejados en azul).

Zona 9 - Zona de Edición Gráfica

Es la zona donde se van introduciendo todos los bloques gráficos de la red de alumbrado público, pinchando directamente con el botón izquierdo del ratón (hacer un clic) sobre

un tipo de nudo de la paleta de componentes y, tras definir sus datos y parámetros en la ventana de propiedades, hacer un segundo clic en el lugar deseado por el usuario de la zona de edición gráfica.

Filosofía de trabajo

Antes de comenzar a diseñar una red de alumbrado público es interesante disponer de las plantas de la urbanización dibujadas en un CAD (**DWG** preferentemente, aunque también es posible leer ficheros en formato DXF, BMP, TIF o JPG). Estos ficheros de dibujo deben estar salvados en un directorio del ordenador (no en una unidad de disco externa, CD-ROM o diskette).

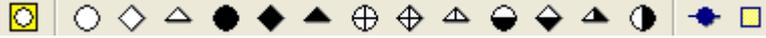
También es conveniente haber hecho un estudio previo de la situación del cuadro de mando y de las luminarias (disposición unilateral, al tresbolillo, etc), así como conocer la potencia de estas últimas. Para ello se debe realizar, antes de nada, el cálculo luminotécnico con los datos fotométricos aportados por los fabricantes de luminarias.

Una vez dentro del programa, el primer paso sería realizar la **configuración de la urbanización** **Conf Urbanización**. Para cargar un fichero con la información gráfica de la urbanización basta pinchar la opción “Nueva” de la ventana de propiedades (lateral izquierda), pulsar la opción de búsqueda  sobre el menú archivo, localizar el fichero (DWG, DXF, BMP, TIF o JPG) en el directorio o carpeta donde esté salvado, seleccionar dicho fichero y pulsar “abrir”. Una vez identificado es posible quitarle capas innecesarias para realizar el trazado de la red de alumbrado público; un dibujo limpio se trabaja con más rapidez. Una vez importada la imagen, para que pase automáticamente a los diferentes módulos (alumbrado público, red BT, etc) se debe seleccionar en el menú *Imagen de Fondo* (por defecto aparece *Sin Imagen*).

Una vez definida la configuración de la urbanización se procederá al **dibujo de la instalación o instalaciones en planta** (diseño gráfico). Para pasar al módulo de alumbrado público basta **pinchar sobre su pestaña** **Alumb.Público**.

Es fundamental, antes de comenzar a dibujar la instalación de alumbrado, leer el apartado “**Criterios Técnicos de Diseño**” de este manual.

También es aconsejable verificar las “**Condiciones Generales**” del proyecto. Aunque la aplicación incorpora todas las opciones por defecto según el vigente reglamento de baja tensión, el usuario puede modificarlas según sus necesidades.

Para **diseñar las redes de alumbrado público** el usuario dispone de la **paleta de componentes** . En dicha paleta encontraremos símbolos (bloques gráficos) para dibujar un *cuadro de mando y protección*  o punto de inicio, luminarias de diferentes potencias (125 W , 150 W , 250 W , etc) y nudos de paso o derivación (arqueta  y caja de registro .

Cada uno de estos componentes representa un nudo de la red. Dos nudos siempre quedarán unidos a través de una rama (tramo de línea eléctrica), cuya longitud aparece en la ventana de propiedades (lateral izquierda).

Para introducir el primer nudo de la red, un cuadro de mando , basta hacer un clic con el botón izquierdo del ratón sobre el icono deseado de la paleta de componentes



, observando que el cursor del ratón pasa de ser una cruz a ser una cruz con un cuadrado (clave de introducción de nudos); en ese momento se puede acceder a la ventana de propiedades y definir las características de ese primer nudo (o dejar los valores que el programa asigna por defecto); posteriormente se desplaza el cursor del ratón hacia la zona de edición gráfica (dibujo de la planta), se sitúa en el lugar exacto y se hace un clic con el botón izquierdo para que quede insertado (dibujado).

Se puede apreciar que la paleta de componentes se mantiene en el estado anterior, pues siempre queda activado el último icono seleccionado, por lo tanto, se debe acceder de nuevo a la paleta de nudos y escoger otro icono, según necesidades de la red (luminaria, arqueta, etc), ya que no pueden existir dos cuadros de mando seguidos. El sistema de elección, como en el caso anterior, consiste en hacer otro clic sobre el icono deseado; se puede observar como el nuevo nudo queda unido al anterior mediante una rama que los enlaza.

Una vez seleccionado el segundo nudo, automáticamente se activa la opción “RAMA” en la ventana de propiedades. Esto indica que cuando se inserte el nudo, sobre el dibujo de la urbanización, quedará unido al anterior mediante una rama, que esta rama será un tramo de línea eléctrica y que ésta tendrá las características que aparecen en la ventana de propiedades. Por lo tanto, antes de ubicar el segundo nudo se pueden cambiar las características de la rama de unión en la ventana descrita.

Antes de ubicar el segundo nudo sobre la planta de la urbanización, se puede observar que el movimiento del ratón por la zona de edición gráfica proporciona la “longitud” de la rama de unión en la ventana de propiedades. Si se inserta el nudo, la distancia hasta el anterior será la indicada en dicha ventana. Otra opción es *fijar* la longitud y/o el ángulo de dicha rama (coordenadas polares) e indicar el valor deseado por el usuario. En este segundo caso, al hacer un clic sobre el botón izquierdo del ratón, el nudo se insertará en el lugar establecido por dichas coordenadas, no donde esté posicionado el cursor del ratón. Esta opción es muy útil en redes de alumbrado público, pues las luminarias suelen estar a la misma distancia unas de otras.

El resto de nudos y ramas se van introduciendo de forma idéntica. Por lo tanto, es posible dibujar redes con diferentes nudos (cuadros de mandos, arquetas, luminarias, etc), diferentes propiedades de nudos (cota, denominación, etc) y diferentes propiedades de ramas (metal, tipo de canalización, etc).

Para trazar un tramo de red que derive de un nudo ya definido, anterior, basta pasar al modo selección , pinchar con el botón izquierdo del ratón sobre él (para activarlo) y volver a la paleta de componentes con el fin de seguir introduciendo nudos y ramas.

Para trazar un tramo de red que derive de un nudo ya definido, anterior, basta pasar al modo selección , pinchar con el botón izquierdo del ratón sobre él (para activarlo) y volver a la paleta de componentes con el fin de seguir introduciendo nudos y ramas.

Es interesante observar que en modo selección  (es posible modificar propiedades de componentes) el cursor del ratón adopta el aspecto de una cruz +, sin embargo, en modo introducción de componentes (dibujo de la red) el cursor del ratón adopta el mismo aspecto anterior pero con un cuadrado en el centro, de esta manera el usuario podrá saber si está introduciendo componentes o seleccionándolos para modificar características en la ventana de propiedades.

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

Toda instalación de alumbrado público siempre debe partir de un *cuadro de mando* , con el fin de establecer las intensidades desde dicho nudo hasta los puntos finales (luminarias).

Las *luminarias* (125 W , 150 W , 250 W , etc) representan los puntos de consumo dentro de la red eléctrica.

La *arqueta*  es un punto de registro de una canalización eléctrica subterránea, lugar donde puede practicarse un cambio de dirección, cruce de calzada, empalme de conductores, etc.

La *caja de registro/derivación*  es un punto de registro de una canalización eléctrica aérea, lugar donde puede practicarse un empalme de conductores, etc.

Por defecto, los nudos se dibujan donde el usuario hace un clic, sin importar la referencia de la imagen de fondo o de la propia red (referencia a objetos: ninguna ). Existe la **paleta de referencia a objetos** , que permite dibujar la red tomando referencias de la imagen de fondo o de la propia red. Pueden ubicarse los nudos sobre el punto final de una línea existente en el dibujo , sobre la intersección de dos líneas , sobre el punto medio de una línea , sobre una línea, en una posición dada de ella , perpendicular a una línea , o no tomar ninguna referencia  (opción por defecto). El cursor del ratón indicará en cada momento la opción adoptada.

Para diseñar en urbanización, casi más útil que paleta de referencia a objetos, es la opción **“Orto”** , que permite dibujar las redes siguiendo siempre los ejes X e Y de un sistema tradicional de coordenadas cartesianas (recordar que las urbanizaciones se diseñan preferentemente con parcelas y calles formando ángulos rectos).

El usuario debe familiarizarse con todos los **zooms** existentes en la paleta de herramientas (paleta vertical existente a mano derecha): Zoom ventana , Zoom en tiempo real , Encuadre en tiempo real , Zoom todo , Redibuja  y Zoom previo .

Es posible *Cortar*, *Copiar* y *Pegar* tramos de red (nudos y ramas seleccionados), así como hacer una *Simetría*.

El usuario puede calcular diferentes circuitos en un mismo proyecto (*Editor de Circuitos*). El circuito activo, que aparece remarcado de color azul, es sobre el que el usuario está trabajando (es posible cambiarle propiedades, calcularlo, etc). Dentro del Editor el programa permite crear, borrar y copiar circuitos. También se puede especificar si se desea que un circuito esté visible cuando no es el circuito activo, y que aparezcan sus resultados en el anexo de cálculos, medición o planos.

Los resultados que aparecen sobre el esquema de la red en planta (sección de una rama, denominación de un nudo, color y tipo de línea, etc) pueden ser configurados por el usuario dentro de *Condiciones Generales*, *Simbología Gráfica*.

La **modificación de las características de los componentes** (metal de una rama, denominación o cota de un nudo, etc) se hace actuando sobre la ventana de propiedades (lateral izquierda). El cambio se aplicará al componente o componentes **activos** (seleccionados,

reflejados en azul). La **selección individual** consiste en activar un único componente (nudo o rama) pinchándolo con el botón izquierdo del ratón. La **selección múltiple** consiste en activar un conjunto de nudos y/o ramas a la vez. Esta segunda opción actúa de la siguiente manera:

- Si se mantiene pulsada, con la mano izquierda, la opción *Control* del teclado del ordenador y con el ratón se van pinchando diferentes nudos y/o ramas, todos ellos pasarán a ser componentes activos.

- Si se pulsa el botón izquierdo del ratón, se mantiene pulsado y se arrastra hacia abajo y hacia la derecha se abre una ventana de captura; una vez que la ventana incluya todos los nudos y/o ramas deseados se deja de pulsar el botón izquierdo y los componentes se activarán inmediatamente.

No se debe olvidar que la selección individual o múltiple no es un método de trabajo exclusivo del módulo de alumbrado público, es una filosofía de trabajo de Windows que puede ser utilizada en todos los módulos (red BT, red AT, etc).

Una vez definida la red de alumbrado público, el usuario puede **calcular el proyecto** pinchando los iconos de la barra de botones o desde el menú "*Calcular*".

 Cálculo del proyecto a calentamiento y caída de tensión. El programa se encarga, automáticamente, de obtener unas secciones para cada rama que sean capaces de soportar la intensidad (A) que circula por cada una de ellas y no permitir que la máxima caída de tensión (%) desde el cuadro de mando hasta cualquier nudo de la red, supere el valor definido en condiciones generales (normalmente 3 %).

 Cálculo, análisis y capacidad de la red para soportar las sobreintensidades - sobrecargas. Para poder acceder a esta opción de cálculo se debe haber introducido, por lo menos, un magnetotérmico/automático o fusibles en la rama ubicada a la salida del cuadro de mando.

 Cálculo, análisis y capacidad de la red para soportar las sobreintensidades - cortocircuitos. Para poder acceder a esta opción de cálculo se debe haber introducido, por lo menos, un magnetotérmico/automático o fusibles en la rama ubicada a la salida del cuadro de mando.

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

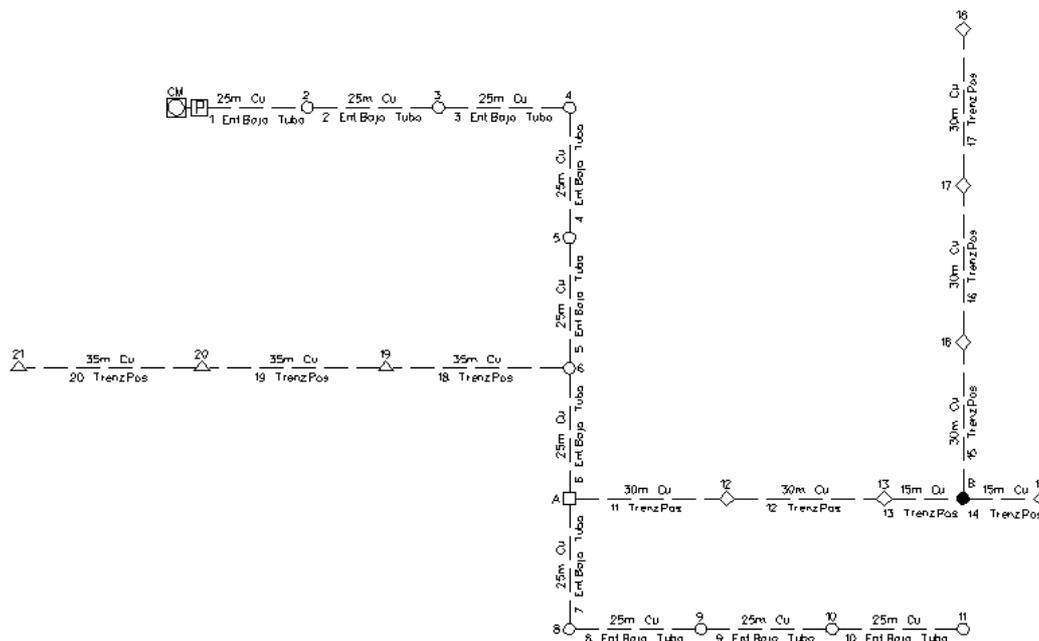
- Mediante la opción del menú "Ver" o directamente desplegando el menú flotante que se activa haciendo un clic sobre el botón derecho del ratón, en la zona de edición gráfica (Resultados de Nudos, Líneas y Cortocircuito).

- Mediante la opción del menú "Resultados" o directamente pinchando los iconos activos de la barra de botones    (Anexo de Cálculos, Medición y Esquemas en fichero DXF).

- Haciendo un zoom ventana  directamente sobre el esquema y observando minuciosamente todos los resultados obtenidos.

Ejemplo práctico resuelto

El proyecto que se pretende calcular se puede observar a continuación:



El itinerario desde CM-11 se ejecutará en red subterránea (III) enterrada bajo tubo, conductores unipolares de cobre (Cu) con aislamiento de PVC, VV 0,6/1 kV y alimenta a luminarias de 125 W de vapor de mercurio (alto factor, mayoración 1,8 – ITC-BT 44).

En la arqueta A se practicará una derivación para trazar otro tramo de red (III), en este caso aérea (A-15, B-18), con conductores trenzados en haz de cobre (Cu) posados sobre la pared y aislamiento de XLPE, RZ 0,6/1 kV. Este nuevo trazado no se ha podido enterrar bajo las aceras debido a los problemas estéticos que causaría sobre la zona (normativa interna de ayuntamiento, por ejemplo). Al ser una calle de diferentes dimensiones, el cálculo luminotécnico, supongamos, arroja la necesidad de utilizar luminarias de 150 W (vapor de mercurio) separadas 30 m.

El tramo 6-21 (nueva calle) se practicará igualmente grapeado sobre la pared al aire (III), con el mismo tipo de conductores. Debido a las nuevas características de esta calle se deben ubicar luminarias de 250 W (vapor de mercurio) separadas 35 m.

Para ejecutar este proyecto, comenzaremos realizando el itinerario CM-11, pues las características son idénticas, y posteriormente los tramos A-15, B-18 y 6-21, pues también poseen características similares.

Como siempre, se comienza por introducir el *Cuadro de Mando* del que parte toda la red eléctrica, para ello basta escoger dicha opción sobre la paleta de nudos , se define en el nudo la *Denominación*: CM y se ubica, haciendo un clic sobre el botón izquierdo del ratón, cerca de la

esquina superior izquierda de la zona de edición gráfica, pues la red crece hacia abajo y hacia la derecha.

A continuación se selecciona de la paleta de componentes la luminaria de 125 W , pues es la que existe en el itinerario CM-11. Como la red sigue unas direcciones ortogonales, útil resulta trabajar en modo *ORTO* . Posteriormente, en la opción *Tramo* de la *RAMA* se *Fija: SI* y se define en 25 m, y tras observar que todos los parámetros de la rama a introducir son correctos (coinciden con los de inicio) se hace un clic con el botón izquierdo del ratón en la dirección horizontal derecha de la zona de edición gráfica (eje X +). La primera luminaria (nudo 2) se habrá dibujado.

Los nudos 3 y 4 y ramas 2 y 3 se definen haciendo dos clic seguidos en la misma dirección.

Los nudos 5 y 6 y ramas 4 y 5 se ubican en la zona de edición gráfica haciendo dos clic seguidos en la dirección vertical hacia abajo (eje Y -).

El séptimo nudo es una arqueta de derivación, por lo tanto, basta escoger dicho icono  en la paleta de componentes, se define en el nudo la *Denominación: A*, y se hace un clic en la misma dirección.

Como los nudos siguientes vuelven a ser luminarias de 125 W, se escoge de nuevo el icono característico de este tipo  y se hace un clic en la misma dirección para ubicar el nudo 8 y rama 7. Los nudos 9, 10 y 11 y ramas 8, 9 y 10 se definen haciendo tres clic seguidos en la dirección horizontal derecha (eje X +).

Se puede ampliar el dibujo haciendo un *zoom ventana*  que capture la red dibujada. Si se desea ver la red a tamaño máximo se puede utilizar el *zoom todo* .

Una vez definido el primer itinerario, se procede a la realización de los tramos A-15 y B-18, para ello se pasa al *modo Selección*  pinchando dicho icono sobre la paleta de herramientas, se hace un clic con el botón izquierdo del ratón sobre la arqueta A (ésta queda seleccionada como nuevo nudo de partida de estos tramos), se escoge la *luminaria de 150 W*  de la paleta de componentes, se define la nueva *longitud: 30 m*, se modifica la opción de *Aislamiento/Canalización/Polaridad* seleccionando *Redes Aéreas, Trenzados posados* (pues se trata de un cable trenzado en haz grapeado sobre la pared), se elige el *Factor de Corrección: 0,9 (Cables expuestos directamente al sol)* y se aceptan los valores.

Al estar ya todos los nuevos datos y parámetros definidos, se hace un clic sobre el botón izquierdo del ratón en la dirección horizontal derecha (eje X +), para definir el nudo 12 y la rama 11. El nudo 13 y rama 12 se definen igualmente haciendo un clic en la misma dirección.

Como el siguiente nudo es una derivación de la red aérea (*caja de registro*), se elige dicha opción  en la paleta de componentes, se denomina como *nudo: B*, la longitud se define en *15 m* y se hace un clic en la dirección horizontal derecha (eje X +).

El nudo siguiente vuelve a ser otra *luminaria de 150 W* , por lo tanto, se vuelve a escoger de la paleta de componentes y se hace un clic en la misma dirección.

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

Para realizar el tramo B-18, se pasa al *modo Selección* , se pincha sobre el nudo B (nudo de partida del nuevo itinerario), se escoge la *luminaria de 150 W* , se fija la longitud de la rama en *30 m* y se hacen tres clic seguidos en la dirección vertical hacia arriba (eje Y +).

Por último, con el fin de ejecutar el tramo 6-21 se vuelve a pasar al *modo Selección* , se pincha el nudo origen de ese itinerario (*nudo 6*), se escoge la *luminaria de 250 W*  en la paleta de componentes, se define la longitud en *35 m* y se hacen 3 clic seguidos en la dirección horizontal izquierda (eje X -). Como el tipo de conductor es el mismo que el utilizado en los tramos anteriores (red aérea) no ha sido necesaria su modificación (Aislamiento / Canalización / Polaridad).

Se puede volver a hacer un zoom todo , para obtener una visión lo más amplia posible y que abarque todo el esquema de la red eléctrica.

Una vez definida la red se pasa al modo usual del trabajo, el *modo Selección* .

Para ubicar la *protección térmica y diferencial* en la rama existente a la salida del cuadro de mando (rama 1), basta pinchar la línea en la zona de edición gráfica (se activa reflejándose en tono azulado) y en la ventana de propiedades (*Protección*), se elige *Prot. Térmica: Magnetotérmico-Int. Automático* y *Prot. Diferencial: 30 mA*.

Resulta conveniente ir salvando el proyecto a disco de vez en cuando, para ello basta pinchar el icono activo en la barra de botones .

Se puede calcular el proyecto a *calentamiento y caída de tensión* , la *protección térmica a sobrecargas*  y la *protección térmica a cortocircuitos* .

En las ventanas de *resultados de nudos, líneas y c.c.* se aprecian todos los resultados del cálculo (menú Ver).

Mediante las opciones del menú *Resultados*, o directamente pinchando los iconos activos de la barra de botones   , se puede acceder al Anexo de Cálculos, Medición del proyecto y obtener los Planos en fichero DXF para leer desde un CAD.

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

- **Criterios técnicos de diseño**
- **Descripción básica del programa**
- **Filosofía de trabajo**
- **Ejemplo práctico resuelto**

Criterios técnicos de diseño

Previsión de potencia en la zona de actuación

La potencia total prevista en la zona de actuación P_t en kW, se obtiene mediante la expresión:

$$P_t = P_v + P_c + P_i + P_d + P_p + P_h + P_a + P_e$$

Considerando:

- P_v = Potencia correspondiente a viviendas; se determina según ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

- P_c = Potencia correspondiente a locales comerciales; se determina a razón de 100 W/m² de superficie construida (previsión mínima por local 3,45 kW), según ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

- P_i = Potencia correspondiente a locales industriales; se determina a razón de 125 W/m² de superficie construida (previsión mínima por local 10,35 kW), según ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Este tipo de establecimientos se suele trabajar con un coeficiente de simultaneidad que varía entre 0,10 y 0,20, debido a consideraciones urbanísticas de edificabilidad, volumen, etc, y según las características particulares del tipo de industria que se pretende implantar en la zona. Además, esta previsión de potencia coincide con diversas Recomendaciones estipuladas para este tipo de establecimientos (20 – 30 VA/m², incluidos servicios y dotaciones).

- P_d = Potencia correspondiente a centros de enseñanza, guarderías y docencia en general; se determina a razón de 500 W/plaza en ausencia de datos (NTE IER).

- P_p = Potencia correspondiente a locales de pública concurrencia, centros religiosos, salas de exposiciones, cinematógrafos; se determina a razón de 50 W/m² en ausencia de datos (NTE IER).

- P_h = Potencia correspondiente a establecimientos hoteleros o alojamientos turísticos; se determina a razón de 1000 W/plaza, con un mínimo de 100 kW para establecimientos cuya capacidad sea igual o superior a 50 plazas y con un mínimo de 25 kW para establecimientos cuya capacidad sea inferior a 50 plazas (NTE IER).

- P_a = Potencia correspondiente al alumbrado público; se determina según estudio luminotécnico. En ausencia de datos se puede estimar una potencia de 1,5 W/m² de vial.

- P_e = Potencia correspondiente a edificios o instalaciones especiales, tales como centros médicos, polideportivos, industrias, etc.

Aparte de estas recomendaciones, el técnico siempre deberá contrastar la previsión de potencia obtenida con las normas particulares de la compañía suministradora de la energía eléctrica, por si esta última tiene otros criterios de previsión.

En relación a lo indicado, decir que la compañía ENDESA, en la Comunidad Autónoma de Andalucía, tiene tipificados los suministros en áreas de uso residencial e industrial (Instrucción

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de fecha 14-10-2004, BOJA num. 216 de 5 de noviembre):

- Potencia prevista en parcelas en "Áreas de uso residencial". La potencia prevista o instalada en cada parcela, será la suma de las que resulten en las cajas generales de protección que existan o se prevean en dicha parcela. Para cada C.G.P. la potencia a considerar se calculará de acuerdo con la ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado por R.D. 842/2002. El grado de electrificación de las viviendas será el fijado por el técnico competente en el proyecto correspondiente.

- Potencia prevista en parcelas en "Áreas de uso industrial". Si no se conoce de antemano la potencia a instalar en las parcelas, ésta será estimada por el técnico que redacte el proyecto de electrificación, en función del uso previsto para el área de uso industrial y de la planificación urbanística, con los siguientes mínimos de potencia por parcela en función de la superficie total de ésta:

Superficie parcela (m ²)	Potencia prevista mínima (kW)
$S \leq 300$	15
$300 < S \leq 1000$	$15 + 0,05 (S - 300)$
$1000 < S$	$0,05 S$

Esta potencia es la que en cualquier caso quedará adscrita a las parcelas. Si se produce segregación de las mismas en otras de tamaño inferior, se repartirá dicha potencia adscrita entre las segregadas, con arreglo a su tamaño o uso previsto. Para cualquier solicitud de potencia superior a la adscrita se aplicará lo dispuesto en el artículo 45 del R.D. 1955/2000.

- Potencia prevista en líneas de baja tensión y transformadores. Se calculará aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,8 sobre la suma de las potencias previstas en las C.G.P. que alimente, siempre que el número de éstas no sea inferior a cuatro, en cuyo caso el coeficiente a considerar será la unidad.

Instalación de cables aislados en redes subterráneas

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 211435), a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

La compañía ENDESA, en la Comunidad Autónoma de Andalucía, realiza sus redes en estructura de sección uniforme y cerrada sobre el mismo u otro centro de transformación, de forma que ante una avería, sea posible una alimentación alternativa eficaz en un espacio de tiempo adecuadamente breve. El funcionamiento se hará en red abierta, a cuyo efecto se dispondrán las cajas de seccionamiento oportunas. Los conductores serán unipolares de Aluminio homogéneo, con secciones de 150/95 y 240/150 mm².

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

Canalizaciones directamente enterradas

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones así lo exijan.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

- Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m.

- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

Canalizaciones enterradas bajo tubo

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección en los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. Las arquetas serán prefabricadas o de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapas de fundición de 60x60 cm y con un lecho de arena absorbente en el fondo de ellas. A la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua. Si se trata de una urbanización de nueva construcción, donde las calles y servicios deben permitir situar todas las arquetas dentro de las aceras, no se permitirá la construcción de ellas donde exista tráfico rodado.

A lo largo de la canalización se colocará una cinta de señalización, que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos $D > 1$ mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

Cruzamientos

- Calles y carreteras.

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

- Ferrocarriles.

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón, y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

- Otros cables de energía eléctrica.

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

- Cables de telecomunicación.

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

- Canalizaciones de agua y gas.

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

- Conducciones de alcantarillado.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado.

No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos, etc), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado 8.2.

- Depósitos de carburante.

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

Proximidades y paralelismos

- Otros cables de energía eléctrica.

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

- Cables de telecomunicación.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

- Canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

- Canalizaciones de gas.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

- Acometidas (conexiones de servicio).

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Instalación de cables aislados en redes aéreas

Para la compañía ENDESA, en la Comunidad Autónoma de Andalucía, las líneas principales de alimentación salen desde los centros de transformación. Desde éstas saldrán las derivaciones para cubrir la zona a abastecer por el circuito, que alimentarán las diversas acometidas o terminará directamente en un suministro determinado. Generalmente y si la protección de aguas arriba es válida para proteger la línea derivada, en las derivaciones para acometidas, aunque haya cambio de sección, se emplearán simplemente conectores. En los casos especiales en que se precise proteger una derivación, se empleará una caja de derivación con los fusibles reglamentarios. Se utilizarán cables del tipo RZ 0,6/1 kV, con secciones de 3x50 Al/54,6 Alm, 3x95 Al/54,6 Alm y 3x150 Al/80 Alm.

Cables posados

Cables directamente posados sobre fachadas o muros, mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie. En general deberá respetarse una altura mínima sobre el suelo de 2,5 m.

Cables tensados

Los cables con neutro fiador podrán ir tensados entre piezas especiales colocadas sobre apoyos, fachadas o muros, con una tensión mecánica adecuada, sin considerar a estos efectos el aislamiento como elemento resistente. Para el resto de los cables tensados se utilizarán cables fiadores de acero galvanizado, cuya resistencia a la rotura será, como mínimo, de 800 daN, y a los que se fijarán mediante abrazaderas u otros dispositivos apropiados los conductores aislados. En general la distancia al suelo será de 4 m.

Cruzamientos

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

- Con Líneas eléctricas aéreas de A.T.

La línea de Baja Tensión deberá cruzar por debajo de la línea de A.T., procurándose que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea de A.T., pero la distancia entre los conductores de la línea de B.T. y las partes más próxima de la de A.T. no será inferior a 1,5 m.

La mínima distancia vertical entre los conductores de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a:

$$1,5 + (U+L1+L2 / 100) \text{ (m)}$$

U: Tensión nominal en kV de la línea de A.T.

L1: longitud (m) entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de A.T.

L2: longitud (m) entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de B.T.

Cuando la resultante de los esfuerzos del conductor en alguno de los apoyos de cruce de B.T. tenga componente vertical ascendente se tomarán las debidas precauciones para que no se desprendan los conductores, aisladores o soportes.

- Con líneas aéreas de B.T.

Cuando alguna de las líneas sea de conductores desnudos, establecidas en apoyos diferentes, la distancia entre los conductores más próximos de las dos líneas será superior a 0,50 m.

Cuando las dos líneas sean aisladas los cables podrán estar en contacto.

- Con líneas aéreas de telecomunicación.

Como norma general, las líneas de B.T. deberán cruzar por encima de las de telecomunicación, sin embargo, podrán cruzar por debajo si los conductores, de alguna de ellas, se han ejecutado en disposición aislada de 0,6/1 kV.

- Con carreteras y ferrocarriles sin electrificar.

Los conductores tendrán una carga de rotura no inferior a 280 daN en disposición aislada.

La altura mínima del conductor más bajo en las condiciones de flecha más desfavorables, será de 6 m, no presentándose ningún empalme en el vano de cruce.

- Con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses.

La altura mínima de los conductores de la línea eléctrica sobre los cables o hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto será de 2 m.

- Con Teleféricos y cables transportadores.

Cuando la línea aérea de B.T. pase por encima, la distancia mínima entre los conductores y cualquier elemento de la instalación del teleférico será de 2 m, y si pasa por debajo, esta distancia no será inferior a 3 m.

- Con ríos y canales, navegables o flotables.

La altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será de:

$$H = G + 1 \text{ (m)}$$

G: galibo. Si no está definido se considerará un valor de 6 m.

- Con canalizaciones de agua y gas.

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica aislados y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m.

Proximidades y paralelismos

- Con líneas eléctricas aéreas de A.T.

Se evitará la construcción de líneas paralelas con las de A.T. a distancias inferiores a 1,5 veces la altura del apoyo más alto, entre las trazas de los conductores más próximos. En todo caso, entre los conductores contiguos de las líneas paralelas no deberá existir una separación inferior a 2 m en paralelismo con líneas de tensión igual o inferior a 66 kV y a 3 m para tensiones superiores.

- Con otras líneas de B.T. o de telecomunicación.

La distancia horizontal de los conductores más próximos de las dos líneas será como mínimo de 0,1 m cuando ambas sean aisladas; esta distancia se aumentará hasta 1 m cuando alguna de ellas sea de conductores desnudos.

- Con calles y carreteras.

Las líneas aéreas con conductores aislados podrán establecerse próximas a estas vías públicas, debiendo en su instalación mantener una distancia mínima de 4 m cuando no vuelen sobre zonas o espacios de posible circulación rodada. Cuando vuelen sobre zonas de circulación rodada la distancia mínima será de 6 m.

- Con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses.

La distancia horizontal de los conductores a la instalación de la línea de contacto será de 1,5 m como mínimo.

- Con zonas de arbolado.

Se utilizarán preferentemente cables aislados en haz.

- Con canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. Se procurará que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

Las arterias principales de agua se dispondrán de forma que aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

- Con canalizaciones de gas.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), donde la distancia será de 0,40 m.

Las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

Por todo lo expuesto en los apartados anteriores, a continuación queda especificada la situación de cada cruce o paralelismo:

Sistemas de protección

En primer lugar, la red de distribución en baja tensión estará protegida contra los efectos de las sobrecargas que puedan presentarse en la misma (ITC-BT-22), por lo tanto se utilizarán los siguientes sistemas de protección:

- Protección a sobrecargas: Se utilizarán fusibles o interruptores automáticos calibrados convenientemente, ubicados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación, desde donde parten los circuitos (según figura en anexo de cálculo); cuando se realiza todo el trazado de los circuitos a sección constante (y queda ésta protegida en inicio de línea), no es necesaria la colocación de elementos de protección en ningún otro punto de la red para proteger las reducciones de sección.

- Protección a cortocircuitos: Se utilizarán fusibles o interruptores automáticos calibrados convenientemente, ubicados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación.

En segundo lugar, para la protección contra contactos directos (ITC-BT-22) se tomarán las medidas siguientes:

- Ubicación del circuito eléctrico enterrado en una zanja practicada al efecto o en red aérea a una altura considerable, con el fin de resultar imposible un contacto fortuito con las manos por parte de las personas que habitualmente circulan por el acerado.

- Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes, los cuales necesitan de útiles especiales para proceder a su apertura.

- Aislamiento de todos los conductores con polietileno reticulado "XLPE", tensión asignada 0,6/1 kV, con el fin de recubrir las partes activas de la instalación.

En tercer lugar, para la protección contra contactos indirectos (ITC-BT-22), la Cía. Suministradora obliga a utilizar en sus redes de distribución en BT el esquema TT, es decir, Neutro de B.T. puesto directamente a tierra y masas de la instalación receptora conectadas a una tierra separada de la anterior, así como empleo en dicha instalación de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local y características del terreno.

Por otra parte, es obligada la conexión del neutro a tierra en el centro de transformación y cada 500 metros (según ITC-BT-06 e ITC-BT-07), sin embargo, aunque la longitud de cada uno de los circuitos sea inferior a la cifra reseñada, el neutro se conectará como mínimo una vez a tierra al final de cada circuito.

Cajas generales de protección

Alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación. Se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Cuando la acometida sea aérea podrán instalarse en montaje superficial a una altura sobre el suelo comprendida entre 3 y 4 m. Cuando se trate de una zona en la que esté previsto el paso de la red aérea a subterránea, la caja general de protección se situará como si se tratase de una acometida subterránea.

Cuando la acometida sea subterránea se instalará siempre en un nicho en pared que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm del suelo. En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos para la entrada de las acometidas subterráneas de la red general. En todos los casos se procurará que la situación elegida esté lo más próxima posible a la red de distribución pública y que quede alejada o en su defecto protegida adecuadamente, de otras instalaciones tales como agua, gas, teléfono, etc. Cuando la fachada no linde con la vía pública, la caja general de protección se situará en el límite entre las propiedades públicas y privadas.

Las cajas generales de protección a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobado por la Administración Pública competente. Dentro de las mismas se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de faso o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de c.c. prevista en el punto de su instalación. El neutro estará compuesto por una conexión amovible situada a la izquierda de las fases, y dispondrá también de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

Para el caso de suministros a un único usuario o dos usuarios alimentados desde el mismo lugar, al no existir línea general de alimentación, podrá simplificarse la instalación colocando en un único elemento la caja general de protección y el equipo de medida; dicho elemento se denominará caja de protección y medida. Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar instalados a una altura comprendida entre 0,7 y 0,8 m. La envolvente deberá disponer de la ventilación interna que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

Descripción básica del programa

Este módulo permite dibujar y calcular eléctricamente redes de distribución en baja tensión, tanto aéreas como subterráneas, con distribución mallada y/o ramificada, con cualquier sistema de canalización, suministro y metal. Con este fin, pone a disposición del usuario herramientas gráficas para realizar el diseño de la forma más simple posible. La paleta de componentes se utiliza para dibujar los bloques gráficos en planta (transformador, poste, arqueta,

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

etc), la ventana de propiedades para definir los datos y parámetros de todos los elementos y la paleta de herramientas sirve de apoyo al diseño (opciones de visualización, borrar, etc).

A grandes rasgos el programa presenta nueve zonas bien diferenciadas, las cuales quedan descritas a continuación (de arriba hacia abajo):

Zona 1: **Menú General** de opciones.

Zona 2: **Botonera** de acceso directo a los comandos más usuales.

Zona 3: Paleta de **referencia a objetos**.

Zona 4: **Pestañas de selección** de las diferentes instalaciones.

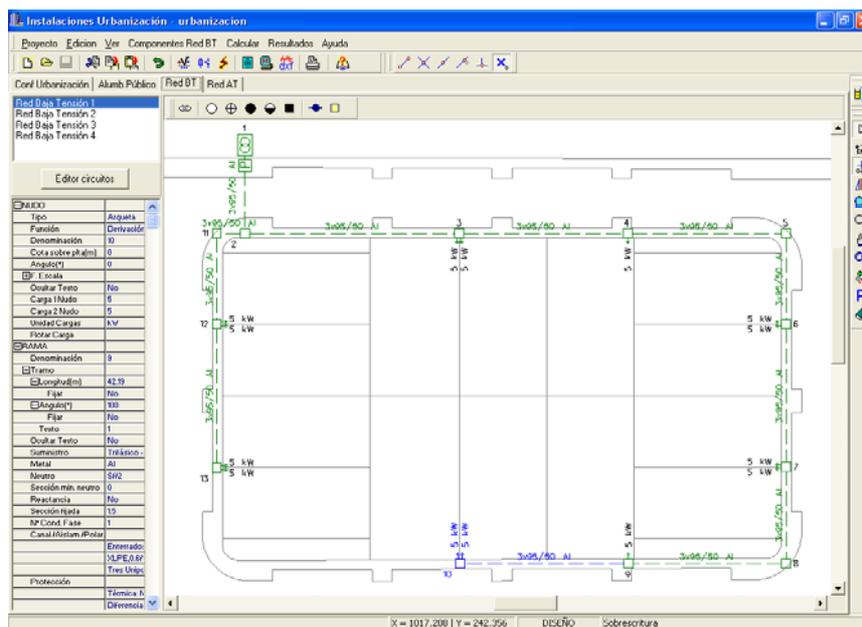
Zona 5: Paleta de **Componentes gráficos**.

Zona 6: **Editor de Circuitos**.

Zona 7: Ventana de **Propiedades** de componentes (Datos y Parámetros de nudos y ramas).

Zona 8: Paleta de **Herramientas**.

Zona 9: 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 Red BT - 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, 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 los resultados en otro elegido por el usuario (word, wordperfect, etc.),

configurar el tiempo para realizar las copias de seguridad automáticas, hacer una presentación previa del esquema 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, configurar la impresora, fijar la escala de impresión o salir del programa.

El Menú **Edición** recoge las opciones gráficas del programa, permitiendo deshacer operaciones realizadas, cortar o copiar todos aquellos nudos y ramas que se hayan seleccionado (identificados en azul en el esquema) y llevarlos al portapapeles, pegar en la zona de edición gráfica, en el lugar deseado por el usuario, todos los nudos y ramas que habían sido cortados o copiados anteriormente, escoger el modo usual de trabajo, 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 nudos y/o ramas y poder cambiarles propiedades o aplicarles directamente las opciones gráficas descritas, escoger el modo enlace para tener la posibilidad de enlazar el nudo origen con otros nudos de la red, trabajar en modo orto a la hora de introducir nudos y ramas 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), renumerar los nudos y ramas en función del orden de introducción o por recorrido en profundidad, y borrar todos aquellos nudos y ramas seleccionados en la zona de edición gráfica (reflejados en azul).

El Menú **Ver** permite activar o desactivar las barras de botones y la ventana de edición de datos. Permite mostrar además la ventana de resultados de nudos, líneas, cortocircuito y mensajes, una vez se haya calculado un proyecto, visualizar el anexo de cálculos (resultados de nudos y ramas) por orden de introducción o recorrido en profundidad, 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, visualizar o no los nudos y ramas, así como el texto que acompaña a éstos, seleccionar el modo gráfico de trabajo 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 tipos de bloques gráficos que existen comúnmente en una red de distribución de baja tensión. La introducción de componentes se puede realizar a través de este menú o, preferiblemente (por rapidez), a través de la paleta de componentes.

El transformador  y caja de derivación  son los nudos que suministran la energía eléctrica a la red y que incluyen las protecciones, los postes () son puntos de sujeción de los cables en redes aéreas, la caja de registro/derivación  representa un punto de registro (similar a una caja de derivación de una red aérea) y la arqueta  es un registro de una red subterránea (puede ser prefabricada o de obra). Los postes, cajas y arquetas pueden ser simplemente nudos de paso o pueden utilizarse como derivación de líneas. Son también puntos donde es posible definir un consumo dentro de la red eléctrica (suministro o acometida a un abonado).

El Menú **Cálculos** permite calcular el proyecto a calentamiento y caída de tensión, la protección a sobrecargas y la protección a cortocircuito.

El Menú **Resultados** proporciona la Memoria Descriptiva y Anexo de Cálculos del proyecto, el Pliego de Condiciones y la Medición completa, genera dichos documentos en formato RTF para ser leídos desde cualquier tratamiento de textos, y crea el Plano de la red en

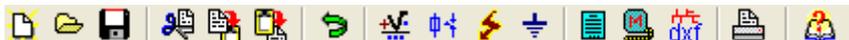
Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

planta en formato DXF para rescatarlo 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.

 Cortar los nudos y ramas seleccionados en la zona de edición gráfica y transportarlos al portapapeles.

 Copiar los nudos y ramas seleccionados en la zona de edición gráfica y transportarlos al portapapeles.

 Pegar en la zona de edición gráfica los nudos y ramas que anteriormente se habían cortado o copiado.

 Deshacer operaciones ya efectuadas.

 Calcular el proyecto completo.

 Calcular la protección a sobrecargas de la red.

 Calcular la protección a cortocircuito de la red.

 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.

 Generar el plano de planta de la red eléctrica en fichero DXF para ser leído desde un programa de diseño asistido por ordenador (CAD) o un tratamiento de textos.

 Imprimir la red visualizada en la zona de edición gráfica.

 Acceder a la Ayuda del programa.

Zona 3 – Paleta de referencia a objetos

Permite introducir la red de baja tensión tomando referencias de la imagen de fondo, si la hay, o de la propia red.



Las posibilidades se muestran a continuación.

 Punto final de una línea.

 Intersección de líneas.

 Punto medio de una línea.

 Punto Cercano sobre una línea.

 Perpendicular a una línea.

 Ninguna referencia.

La opción por defecto, *ninguna referencia*, no permite tomar referencias de la imagen de fondo ni de la propia red. Si un usuario introduce un nudo encima de otro sin ninguna referencia, el programa no hace enlace alguno, simplemente se limita a ubicar dos nudos solapados. Esto sería incorrecto, pues nunca deben existir nudos superpuestos (entre dos nudos siempre debe haber una rama, conductor eléctrico, etc).

La opción *punto final* permite introducir un nudo tomando como referencia el punto final de una línea de la imagen de fondo. Si se hace sobre una línea o rama de la propia red el programa hace automáticamente un enlace; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Punto Final* a indicar *Punto Final – Enlace*.

La opción *intersección* permite introducir un nudo tomando como referencia la intersección de dos líneas de la imagen de fondo. Si se hace sobre la intersección de dos líneas o ramas de la propia red el programa hace automáticamente un enlace; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Intersección* a indicar *Intersección – Enlace*.

La opción *punto medio* permite introducir un nudo tomando como referencia el punto medio de una línea de la imagen de fondo. Si se hace sobre una línea o rama de la propia red el programa inserta automáticamente un nudo en mitad de la rama, dividiendo a ésta en dos partes iguales; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Punto Medio* a indicar *Punto Medio – Inserción*.

La opción *cercano* permite introducir un nudo tomando como referencia un punto cualquiera de una línea de la imagen de fondo. Si se hace sobre una línea o rama de la propia

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

red el programa inserta automáticamente un nudo en un punto cualquiera de la rama, dividiendo a ésta en dos partes; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Cercano* a indicar *Cercano – Inserción*.

La opción *perpendicular* permite introducir un nudo tomando como referencia el punto perpendicular de una línea de la imagen de fondo. Si se hace sobre una línea o rama de la propia red el programa inserta automáticamente un nudo en el punto perpendicular de la rama, dividiendo a ésta en dos partes; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Perpendicular* a indicar *Perpendicular – Inserción*.

Las opciones  *Orto* y *Fijar longitud y ángulo* predominan sobre la paleta de referencia a objetos.

Zona 4 – Pestañas de selección de instalaciones

Se debe recordar que un *módulo* es un conjunto de elementos (nudos y ramas, ventana de propiedades, etc), que nos permite realizar el dibujo y cálculo de una instalación. Cada módulo representa una instalación diferente (alumbrado público, red de distribución de baja tensión, etc).

Para acceder a las diferentes instalaciones eléctricas, o sea, a los diferentes módulos, se han ideado unas pestañas de selección. Para **abrir un módulo basta pinchar sobre su pestaña**. Sólo puede existir un módulo o instalación activa, por lo tanto, la apertura de un módulo implica el cierre de otro. Esto es coherente, pues si el usuario está introduciendo una red de baja tensión (módulo abierto) no necesita tener activos los componentes de una red de alta tensión (módulo cerrado).

El módulo de Configuración de la urbanización es común para todas las instalaciones (una misma distribución de parcelas, calles, aceras, etc).

Zona 5 - Paleta de Componentes gráficos

Refleja todos los bloques gráficos (tipos de nudos) necesarios para diseñar una red de baja tensión. Se encuentra justo debajo de la barra de botones.



Nudos de Suministro de Energía Eléctrica a la red (puntos de partida)

 Transformador AT/BT. Es el encargado de transformar la energía que proviene a tensiones muy elevadas (A.T.) en tensiones susceptibles de alimentar los receptores eléctricos de uso común en viviendas, locales comerciales, industrias, factorías, etc (B.T.).

 Caja de Derivación o punto de conexión a una red existente. Se suele utilizar este elemento cuando se vaya a proyectar una red que enlaza con otra ya existente y no de un centro de transformación. En este caso resulta aconsejable analizar la c.d.t. (%) producida en dicha red existente, con el fin de calcular la nueva teniendo presente dicho valor. Para que este icono esté activo se deberá seleccionar en las Condiciones Generales del proyecto.

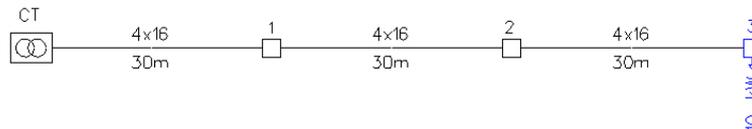
Nudos de Paso, Derivación o Consumo

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

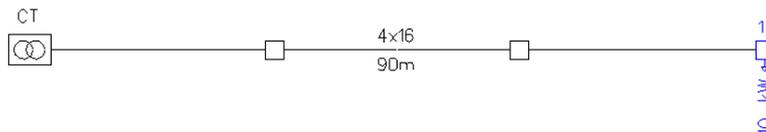
-  Poste, en general (para redes aéreas, normalmente en el medio rural).
-  Poste de madera (para redes aéreas, normalmente en el medio rural).
-  Poste metálico (para redes aéreas, normalmente en el medio rural).
-  Poste de hormigón (para redes aéreas, normalmente en el medio rural).
-  Apoyo de celosía (para redes aéreas, normalmente en el medio rural).
-  Caja de registro/derivación (para redes aéreas, normalmente posadas).
-  Arqueta (para redes subterráneas, normalmente bajo aceras).

Si en cualquiera de estos nudos se define una carga (kW, W, CV, A) serán considerados como puntos de consumo. De no ser así serán considerados como:

- Una derivación o conexión de dos ramas diferentes (*Función Tramo: Derivación* en la ventana de propiedades). En este caso las ramas adyacentes a este nudo serán tratadas de forma independiente en el cálculo, apareciendo cada una con su sección en el plano, en el anexo, etc. En este nudo aparecerán todas sus características eléctricas (caída de tensión, etc). En el siguiente ejemplo los nudos 1 y 2 son considerados como *derivación*.



- Un simple nudo de paso (*Función Tramo: Paso* en la ventana de propiedades). En este caso las ramas adyacentes a este nudo serán tratadas de forma conjunta en el cálculo (considerando la longitud total, suma de todos los tramos), apareciendo sólo una sección en el plano, en el anexo, etc, común para todas ellas. En este nudo no aparecerán características eléctricas (caída de tensión, etc). Un nudo que tenga un consumo o del que salgan más de dos ramas ya no podrá ser de paso. Este tipo de nudo permite al usuario dibujar una misma rama a base de varios tramos, por cambios de dirección, por registros, etc. En este ejemplo, los nudos 1 y 2 del caso anterior han sido considerados como *paso*.



Zona 6 – Editor de circuitos



Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

Esta opción permite al usuario calcular diferentes circuitos en un mismo proyecto. El circuito activo, que aparece remarcado de color azul, es sobre el que el usuario está trabajando (es posible cambiarle propiedades, calcularlo, etc).

Dentro del Editor el programa permite crear, borrar y copiar circuitos. También se puede especificar si se desea que un circuito esté visible cuando no es el circuito activo, y que aparezcan sus resultados en el anexo de cálculos, medición o planos.

Zona 7 - Ventana de Propiedades de componentes

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

<input type="checkbox"/> NUDO	
Tipo	Arqueta
Función	Derivación
Denominación	10
Cota sobre pila(m)	0
Angulo(*)	0
<input checked="" type="checkbox"/> F. Escala	
Ocultar Texto	No
Carga 1 Nudo	5
Carga 2 Nudo	5
Unidad Cargas	kW
Rotar Carga	
<input type="checkbox"/> RAMA	
Denominación	9
<input type="checkbox"/> Tramo	
<input type="checkbox"/> Longitud(m)	42.19
Fijar	No
<input type="checkbox"/> Angulo(*)	180
Fijar	No
Texto	1
Ocultar Texto	No
Suministro	Trifásico - 400
Metal	Al
Neutro	SI#2
Sección min. neutro	0
Reactancia	No
Sección fijada	1.5
Nº Cond. Fase	1
Canal./Aislam./Polar.	
	Enterrados Bajo Tubo
	XLPE,0.6/1 kV ,Fc:0.8
	Tres Unipolares
Protección	
	Térmica: No
	Diferencial: No

Datos y parámetros de Nudos

La opción tipo sirve para modificar la representación gráfica de un nudo, una vez introducido en la red, la función permite identificar al nudo como paso (simple registro o cambio de dirección) o derivación (estrellamiento de la red), la denominación se utiliza para poner nombre al nudo (caso de obviar esta opción el programa asigna automáticamente una numeración sucesiva), la cota se utiliza para definir la altura del nudo sobre la urbanización, el ángulo permite rotar los nudos de la red, el factor escala permite representar el nudo y su texto asociado de mayor o menor tamaño, la opción ocultar texto permite ocultar o visualizar el texto asociado al nudo, la carga representa la potencia suministrada a un abonado conectado a la red eléctrica, la unidad puede ser A, W, kW o CV y la opción rotar carga permite girar la flecha (consumo) hasta apuntar hacia la parcela.

Datos y parámetros de Ramas

La denominación se utiliza para poner nombre a la rama (caso de obviar esta opción el programa asigna automáticamente una numeración sucesiva), las opciones Fijar Longitud y Angulo permiten prefijar los valores de longitud y ángulo al introducir un nudo y una rama en la zona de edición gráfica (caso de no seleccionar esta opción el movimiento del ratón por la pantalla da las coordenadas del nudo a introducir, traducidas en longitud y ángulo), la opción ocultar texto permite ocultar o visualizar el texto asociado a una rama, el suministro hace referencia al nº de fases y tensión del tramo, el metal indica la constitución del

conductor, el neutro puede ser distribuido o no (en redes trifásicas, si se transporta el neutro, además de la tensión de línea – 400 V -, se dispone de la tensión de fase – 230 V -), la reactancia influye en la caída de tensión de la línea eléctrica, pero puede ser o no considerada

por el usuario, en modo de cálculo *comprobación* (Condiciones Generales), el usuario puede fixar la sección y nº de conductores por fase si lo desea (en modo *diseño* se fijaría una sección mínima de partida), la Canal./Aislam/Polar. permite definir las características del circuito eléctrico, en cuanto a sistema de canalización empleado, aislamiento y nivel de aislamiento del conductor y polaridad de los cables, la protección puede ser contra sobreintensidades (térmica), contra defectos de aislamiento que provocan tensiones de contacto peligrosas (diferencial), contra caída de rayos en las líneas (sobretensiones transitorias, de origen atmosférico) y contra averías en la instalación por corte de neutro, etc (sobretensiones permanentes).

Zona 8 - Paleta de Herramientas

Permite tener acceso directo a las *operaciones más usuales* de edición gráfica y visualización de la red. Se encuentra en la zona lateral 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.



 **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 nudos y/o ramas, para poder cambiarles propiedades o aplicarles directamente todas las opciones gráficas. Este modo permite además acceder a las paletas de componentes y pinchar la opción deseada para insertarla en la zona de edición gráfica (introducción de la red).

 **Modo Enlace.** Este modo de trabajo permite enlazar el nudo origen que estaba activo con cualquier nudo de la red.

 **Modo Orto.** Permite introducir nudos y ramas 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).

 **Simetría.** Permite hacer una copia simétrica de los nudos y ramas seleccionados.

 **Zoom Ventana.** Permite obtener una vista ampliada de una zona en concreto; para ello basta seleccionar dos puntos, diagonalmente opuestos, de dicha zona.

 **Zoom en tiempo real.** Esta opción aumenta o disminuye el tamaño aparente de la imagen que aparece en pantalla.

 **Encuadre en tiempo real.** Esta opción mueve la posición del dibujo en cualquier dirección bidimensional.

 **Zoom todo.** Permite obtener la visión más amplia del dibujo completo, ajustándola a los límites de la zona de edición gráfica.

 **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 nudos y ramas seleccionados (reflejados en azul).

Zona 9 - Zona de Edición Gráfica

Es la zona donde se van introduciendo todos los bloques gráficos de la red de baja tensión, pinchando directamente con el botón izquierdo del ratón (hacer un clic) sobre un tipo de nudo de la paleta de componentes y, tras definir sus datos y parámetros en la ventana de propiedades, hacer un segundo clic en el lugar deseado por el usuario de la zona de edición gráfica.

Filosofía de trabajo

Antes de comenzar a diseñar una red de baja tensión es interesante disponer de las plantas de la urbanización dibujadas en un CAD (**DWG** preferentemente, aunque también es posible leer ficheros en formato DXF, BMP, TIF o JPG). Estos ficheros de dibujo deben estar salvados en un directorio del ordenador (no en una unidad de disco externa, CD-ROM o diskette).

También es conveniente haber hecho un estudio previo de la situación del centro de transformación (lo más céntrico posible, para minimizar la longitud de las redes), ubicación de apoyos o arquetas según la distribución de las parcelas y conocer la potencia de cada abonado conectado a la red eléctrica.

Una vez dentro del programa, el primer paso sería realizar la **configuración de la urbanización** . Para cargar un fichero con la información gráfica de la urbanización basta pinchar la opción "Nueva" de la ventana de propiedades (lateral izquierda), pulsar la opción de búsqueda  sobre el menú archivo, localizar el fichero (DWG, DXF, BMP, TIF o JPG) en el directorio o carpeta donde esté salvado, seleccionar dicho fichero y pulsar "abrir". Una vez identificado es posible quitarle capas innecesarias para realizar el trazado de la red de baja tensión; un dibujo limpio se trabaja con más rapidez. Una vez importada la imagen, para que pase automáticamente a los diferentes módulos (alumbrado público, red BT, etc) se debe seleccionar en el menú *Imagen de Fondo* (por defecto aparece *Sin Imagen*).

Una vez definida la configuración de la urbanización se procederá al **dibujo de la instalación o instalaciones en planta** (diseño gráfico). Para pasar al módulo de baja tensión basta **pinchar sobre su pestaña** .

Es fundamental, antes de comenzar a dibujar la instalación de baja tensión, leer el apartado "**Criterios Técnicos de Diseño**" de este manual.

También es aconsejable verificar las "**Condiciones Generales**" del proyecto. Aunque la aplicación incorpora todas las opciones por defecto, el usuario puede modificarlas según sus necesidades (normas particulares de la compañía suministradora, etc). Por ejemplo, la compañía ENDESA, en la zona de Andalucía, sólo permite trabajar con las secciones de 150/95 y 240/150 mm² (en aluminio) si la red de distribución es subterránea y de 3x50 Al/54,6 Alm, 3x95 Al/54,6 Alm y 3x150 Al/80 Alm si la red es aérea. Además, permite aplicar un coeficiente de simultaneidad de 0,8 sobre la suma de las potencias previstas en las C.G.P. alimentadas por la

red, siempre que el número de éstas no sea inferior a cuatro, en cuyo caso el coeficiente a considerar será la unidad

Para **diseñar las redes de baja tensión** el usuario dispone de la **paleta de componentes** . En dicha paleta encontraremos símbolos (bloques gráficos) para dibujar un *centro de transformación AT/BT* , una *caja de derivación CD*  (conexión a una red ya existente) y nudos de paso, derivación o consumo (apoyos , , , , arquetas  y cajas de registro ).

Cada uno de estos componentes representa un nudo de la red. Dos nudos siempre quedarán unidos a través de una rama (tramo de línea eléctrica), cuya longitud aparece en la ventana de propiedades (lateral izquierda).

Para introducir el primer nudo de la red, un centro de transformación , basta hacer un clic con el botón izquierdo del ratón sobre el icono deseado de la paleta de componentes , observando que el cursor del ratón pasa de ser una cruz a ser una cruz con un cuadrado (clave de introducción de nudos); en ese momento se puede acceder a la ventana de propiedades y definir las características de ese primer nudo (o dejar los valores que el programa asigna por defecto); posteriormente se desplaza el cursor del ratón hacia la zona de edición gráfica (dibujo de la planta), se sitúa en el lugar exacto y se hace un clic con el botón izquierdo para que quede insertado (dibujado).

Se puede apreciar que la paleta de componentes se mantiene en el estado anterior, pues siempre queda activado el último icono seleccionado, por lo tanto, se debe acceder de nuevo a la paleta de nudos y escoger otro icono, según necesidades de la red (poste, arqueta, etc), ya que no pueden existir dos centros de transformación seguidos. El sistema de elección, como en el caso anterior, consiste en hacer otro clic sobre el icono deseado; se puede observar como el nuevo nudo queda unido al anterior mediante una rama que los enlaza.

Una vez seleccionado el segundo nudo, automáticamente se activa la opción *"RAMA"* en la ventana de propiedades. Esto indica que cuando se inserte el nudo, sobre el dibujo de la urbanización, quedará unido al anterior mediante una rama, que esta rama será un tramo de línea eléctrica y que tendrá las características que aparecen en la ventana de propiedades. Por lo tanto, antes de ubicar el segundo nudo se pueden cambiar las características de la rama de unión en la ventana descrita.

Antes de ubicar el segundo nudo sobre la planta de la urbanización, se puede observar que el movimiento del ratón por la zona de edición gráfica proporciona la *"longitud"* de la rama de unión en la ventana de propiedades. Si se inserta el nudo, la distancia hasta el anterior será la indicada en dicha ventana. Otra opción es *fixar* la longitud y/o el ángulo de dicha rama (coordenadas polares) e indicar el valor deseado por el usuario. En este segundo caso, al hacer un clic sobre el botón izquierdo del ratón, el nudo se insertará en el lugar establecido por dichas coordenadas, no donde esté posicionado el cursor del ratón. Esta opción es muy útil en redes de baja tensión, cuando se quiere fijar la distancia entre arquetas en alineaciones rectas (por ejemplo, 40 m).

El resto de nudos y ramas se van introduciendo de forma idéntica. Por lo tanto, es posible dibujar redes con diferentes nudos (centros de transformación, arquetas, apoyos, etc), diferentes propiedades de nudos (cota, denominación, carga, etc) y diferentes propiedades de ramas (metal, tipo de canalización, etc).

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

Para trazar un tramo de red que derive de un nudo ya definido, anterior, basta pasar al modo selección , pinchar con el botón izquierdo del ratón sobre él (para activarlo) y volver a la paleta de componentes con el fin de seguir introduciendo nudos y ramas.

Para trazar un tramo de red que derive de un nudo ya definido, anterior, basta pasar al modo selección , pinchar con el botón izquierdo del ratón sobre él (para activarlo) y volver a la paleta de componentes con el fin de seguir introduciendo nudos y ramas.

Es interesante observar que en modo selección  (es posible modificar propiedades de componentes) el cursor del ratón adopta el aspecto de una cruz +, sin embargo, en modo introducción de componentes (dibujo de la red) el cursor del ratón adopta el mismo aspecto anterior pero con un cuadrado en el centro, de esta manera el usuario podrá saber si está introduciendo componentes o seleccionándolos para modificar características en la ventana de propiedades.

Toda red de baja tensión siempre debe partir de un *centro de transformación AT/BT*  o de una *caja de derivación* de una red ya existente , con el fin de establecer las intensidades desde dichos nudos hasta los puntos finales (consumos).

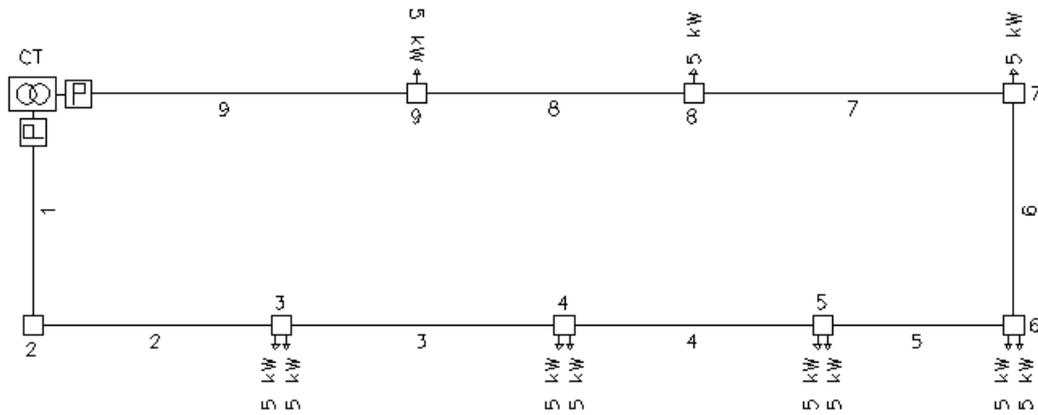
Los *apoyos* (poste en general , poste de madera , etc) representan puntos de sujeción del cable en una línea aérea. Pueden ser nudos de paso (llegada y salida sin más), derivación (una llegada y varias salidas) o consumo (indicando la potencia del abonado conectado a la red eléctrica).

La *arqueta*  es un punto de registro de una canalización eléctrica subterránea, lugar donde puede practicarse un cambio de dirección, cruce de calzada, empalme de conductores, etc. Puede comportarse como un nudo de paso (llegada y salida sin más), derivación (una llegada y varias salidas) o consumo (indicando la potencia del abonado conectado a la red eléctrica).

La *caja de registro/derivación*  es un punto de registro de una canalización eléctrica aérea, lugar donde puede practicarse un empalme de conductores, etc. Puede comportarse como un nudo de paso (llegada y salida sin más), derivación (una llegada y varias salidas) o consumo (indicando la potencia del abonado conectado a la red eléctrica).

En los postes, arquetas y cajas se pueden indicar hasta dos consumos (caso de dos abonados conectados al mismo punto de la red de BT).

Si el usuario desea calcular una red mallada deberá dibujarla tal y como quedaría en la realidad, representando el cable de ida y el de vuelta (siempre teniendo presente que los nudos y ramas no pueden quedar solapados en el dibujo). Para cerrar la red de vuelta sobre el transformador (nudo ya existente) bastaría seleccionar la opción *Enlace*  de la paleta de herramientas y pinchar sobre dicho nudo en la zona de edición gráfica. Es posible calcular una red a calentamiento y caída de tensión  estando mallada, sin embargo no es posible calcular la protección a sobrecargas  ni a cortocircuitos , pues el programa no puede saber la zona de influencia de cada protección dentro de la red mallada.



Para calcular las protecciones se debe abrir la red mallada por el punto que estime la compañía suministradora (el más desfavorable, el punto de mínima tensión, etc). Si se desea comprobar la red abriendo por el punto de mínima tensión, por ejemplo, el usuario podrá apreciar que éste es el que aparece de color verde dentro de la red eléctrica, por lo tanto bastará borrar una de las dos ramas que llegan a él para poder calcular (normalmente la que menor intensidad transporte, para que el desajuste de la red abierta respecto a la mallada sea el menor posible).

La compañía ENDESA, en la Comunidad Autónoma de Andalucía, realiza sus redes subterráneas en estructura de sección uniforme y cerrada sobre el mismo u otro centro de transformación, de forma que ante una avería, sea posible una alimentación alternativa eficaz en un espacio de tiempo adecuadamente breve. El funcionamiento se hará en red abierta, a cuyo efecto se dispondrán las cajas de seccionamiento oportunas.

Es posible arquear una rama, pinchándola con el ratón y desplazándola de su eje.

Por defecto, los nudos se dibujan donde el usuario hace un clic, sin importar la referencia de la imagen de fondo o de la propia red (referencia a objetos: ninguna). Existe la **paleta de referencia a objetos** , que permite dibujar la red tomando referencias de la imagen de fondo o de la propia red. Pueden ubicarse los nudos sobre el punto final de una línea existente en el dibujo , sobre la intersección de dos líneas , sobre el punto medio de una línea , sobre una línea, en una posición dada de ella , perpendicular a una línea , o no tomar ninguna referencia (opción por defecto). El cursor del ratón indicará en cada momento la opción adoptada.

Para diseñar en urbanización, casi más útil que paleta de referencia a objetos, es la opción **"Orto"** , que permite dibujar las redes siguiendo siempre los ejes X e Y de un sistema tradicional de coordenadas cartesianas (recordar que las urbanizaciones se diseñan preferentemente con parcelas y calles formando ángulos rectos).

El usuario debe familiarizarse con todos los **zooms** existentes en la paleta de herramientas (paleta vertical existente a mano derecha): Zoom ventana , Zoom en tiempo real , Encuadre en tiempo real , Zoom todo , Redibuja y Zoom previo .

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

Es posible *Cortar*, *Copiar* y *Pegar* tramos de red (nudos y ramas seleccionados), así como hacer una *Simetría*.

El usuario puede calcular diferentes circuitos en un mismo proyecto (*Editor de Circuitos*). El circuito activo, que aparece remarcado de color azul, es sobre el que el usuario está trabajando (es posible cambiarle propiedades, calcularlo, etc). Dentro del Editor el programa permite crear, borrar y copiar circuitos. También se puede especificar si se desea que un circuito esté visible cuando no es el circuito activo, y que aparezcan sus resultados en el anexo de cálculos, medición o planos.

Los resultados que aparecen sobre el esquema de la red en planta (sección de una rama, denominación de un nudo, color y tipo de línea, etc) pueden ser configurados por el usuario dentro de *Condiciones Generales*, *Simbología Gráfica*.

La **modificación de las características de los componentes** (metal de una rama, denominación o cota de un nudo, etc) se hace actuando sobre la ventana de propiedades (lateral izquierda). El cambio se aplicará al componente o componentes **activos** (seleccionados, reflejados en azul). La **selección individual** consiste en activar un único componente (nudo o rama) pinchándolo con el botón izquierdo del ratón. La **selección múltiple** consiste en activar un conjunto de nudos y/o ramas a la vez. Esta segunda opción actúa de la siguiente manera:

- Si se mantiene pulsada, con la mano izquierda, la opción *Control* del teclado del ordenador y con el ratón se van pinchando diferentes nudos y/o ramas, todos ellos pasarán a ser componentes activos.

- Si se pulsa el botón izquierdo del ratón, se mantiene pulsado y se arrastra hacia abajo y hacia la derecha se abre una ventana de captura; una vez que la ventana incluya todas los nudos y/o ramas deseados se deja de pulsar el botón izquierdo y los componentes se activarán inmediatamente.

No se debe olvidar que la selección individual o múltiple no es un método de trabajo exclusivo del módulo de alumbrado público, es una filosofía de trabajo de Windows que puede ser utilizada en todos los módulos (Red BT, Red AT, etc).

Una vez definida la red de baja tensión, el usuario puede **calcular el proyecto** pinchando los iconos de la barra de botones o desde el menú "*Calcular*".

 Cálculo del proyecto a calentamiento y caída de tensión. El programa se encarga, automáticamente, de obtener unas secciones para cada rama que sean capaces de soportar la intensidad (A) que circula por cada una de ellas y no permitir que la máxima caída de tensión (%) desde el CT hasta cualquier nudo de la red, supere el valor definido en condiciones generales (normalmente 5 %).

 Cálculo, análisis y capacidad de la red para soportar las sobreintensidades - sobrecargas. Para acceder a esta opción de cálculo se debe haber introducido, por lo menos, un magnetotérmico/automático o fusibles en la rama ubicada a la salida del centro de transformación. Para poder calcular estas protecciones la red debe estar abierta, no mallada.

 Cálculo, análisis y capacidad de la red para soportar las sobreintensidades - cortocircuitos. Para acceder a esta opción de cálculo se debe haber introducido, por lo menos, un magnetotérmico/automático o fusibles en la rama ubicada a la salida del centro de transformación. Para poder calcular estas protecciones la red debe estar abierta, no mallada.

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

Según lo expuesto, en todas las arquetas (zona izquierda de la urbanización) existe una acometida para dos viviendas de grado de electrificación básico, cada una de ellas con una potencia de 5,75 kW, excepto en el nudo 6, que es una arqueta de derivación únicamente, sin un consumo propio en dicho nudo. En todos los postes de hormigón (zona derecha de la urbanización) existe una acometida para una vivienda (5,75 kW).

Toda la red hasta el nudo 11 se ejecutará enterrada bajo tubo, conductores unipolares de aluminio y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) – designación UNE RV 0,6/1 kV -, y desde éste hasta el nudo 14 se ejecutará al aire, con conductores trenzados de aluminio, neutro fiador de Almelec y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) – designación UNE RZ 0,6/1 KV-.

Para introducir la red eléctrica, como siempre, se comienza por seleccionar de la paleta de componentes (nudos) la opción *transformador* , se define en nudo: *CT* (ventana de propiedades) y se hace un clic sobre el botón izquierdo del ratón en la zona de edición gráfica, aproximadamente en el cuadrante superior izquierdo de la pantalla.

Para dibujar el segundo nudo (arqueta ) se elige dicha opción en la paleta de componentes, haciendo un clic con el botón izquierdo del ratón sobre dicho icono. A continuación, en la opción *Tramo* de la *RAMA* se *Fija Longitud: SI* y se define en 40 m, las dos *Cargas* del nudo se ponen de 5,75 kW y se selecciona el *modo Orto*  como método de introducción de nudos y ramas según los ejes X e Y de un sistema tradicional de coordenadas cartesianas (todo ello porque la red que se pretende ejecutar sigue principalmente esas orientaciones ortogonales). Al mover el ratón y comprobar que la rama apunta en la dirección horizontal derecha (eje X +), se puede hacer un clic con el botón izquierdo del ratón en la zona de edición gráfica (la arqueta quedará dibujada). Se puede hacer un zoom ventana  para visualizar mejor la red.

Para introducir los nudos 3 y 4 y las ramas 2 y 3, como todos los valores coinciden, basta hacer 2 clic seguidos, sobre el botón izquierdo del ratón, en la misma dirección.

Para introducir el nudo 5 y la rama 4 únicamente se debe apuntar en la dirección vertical hacia abajo (eje Y -) y hacer un clic.

El nudo 6 y rama 5 se dibujan como el tramo anterior, variando únicamente las cargas puntuales, que al tratarse una arqueta de derivación se les debe asignar un valor de 0 kW.

Para definir el nudo 7 y la rama 6 se asignan de nuevo las cargas (*Carga 1: 5,75 kW*, *Carga 2: 5,75 kW*) y se hace un clic en la misma dirección (eje Y -).

Para ubicar el nudo 8 y rama 7 se debe variar la longitud en la ventana de propiedades (30 m), y se debe hacer un clic en la dirección horizontal izquierda (eje X -). Los nudos 9 y 10 y las ramas 8 y 9 son idénticos, para dibujarlos bastará hacer dos clic seguidos en la misma dirección.

Una vez acabado el primer itinerario, para acabar con el proceso de introducción se puede pasar al *modo Selección* (flecha  de la paleta de herramientas).

Es posible rotar las cargas de los nudos para dirigir las hacia las parcelas, para ello basta seleccionar cada arqueta dibujada y pinchar la opción *Rotar Carga* de la ventana de propiedades (hasta que las flechas apunten en la dirección deseada).

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

Hasta ahora el usuario ha podido comprobar que al dibujar un nudo siempre quedaba unido al nudo anterior de forma automática. No obstante, para derivar de cualquier otro nudo ya dibujado bastará seleccionarlo estando *modo Selección*  (quedará activado y reflejado en azul).

Según lo expuesto, para tener como nuevo nudo de referencia el 6 y poder introducir el tramo 6-14, bastará hacer un clic sobre dicha arqueta en la zona de edición gráfica.

Para seguir definiendo la red (nudo 11, rama 10) se vuelve a la paleta de componentes y se elige la opción *Poste de hormigón* , en la opción *Tramo* de la RAMA se *Fija Angulo: SI* y se define en 45°, *Carga 1 Nudo: 5,75 kW*, *Carga 2 Nudo: 0 kW* y se hace un clic con el botón izquierdo del ratón sobre la zona de edición gráfica.

Para dibujar el nudo 12 y la rama 11 se debe anular la opción *Fijar ángulo* de la ventana de propiedades (volviendo por tanto al modo Orto), se debe definir una longitud de 50 m (distancia entre apoyos), se debe elegir en la ventana de propiedades "*Aislamiento/canalización/polaridad*" la opción *Redes Aéreas, Trenzados tensados con neutro fiador almelec* y se debe hacer un clic sobre el botón izquierdo del ratón en la dirección horizontal derecha (eje X +).

Los nudos 13 y 14 y ramas 12 y 13 se definen manteniendo las mismas propiedades y haciendo dos clic seguidos sobre el botón izquierdo del ratón en la dirección vertical hacia arriba (eje Y +).

Para acabar con el proceso de introducción se pincha el icono de *Selección* .

Se puede hacer un *zoom todo*  para obtener una visión lo más amplia posible y que abarque todo el esquema de la red eléctrica.

Para ubicar la protección a la salida del centro de transformación basta pinchar la rama 1 en la zona de edición gráfica (se activa reflejándose en tono azulado) y en la opción *Protección* de la ventana de propiedades seleccionar *Fusibles*.

No debemos olvidar, antes de calcular, que la compañía suministradora permitía una *simultaneidad* del 80 %, por lo tanto, se deberá ir a *Condiciones Generales* (menú Proyecto) e indicar *Coef. Simultaneidad: 0,8*. Si se tratase de la compañía ENDESA, en la zona de Andalucía, en la opción *Secciones* sólo se deberán dejar activas las que dicha compañía permite. En *Redes Aéreas, cables Trenzados de Aluminio* sólo son admisibles las secciones de 50, 95 y 150 mm² (se entiende que estos valores son los de las fases) y en *Redes Subterráneas de Aluminio* se permiten únicamente las secciones de 150 y 240 mm². Para aceptar todos los valores se pulsa *Aceptar*.

En este momento se puede calcular el proyecto a *calentamiento y caída de tensión*  y la protección térmica a *sobrecargas*  (eligiendo la opción de Informar). Si el programa indica *Protecciones calculadas* quiere decir que las secciones obtenidas a calentamiento y caída de tensión también son válidas para la protección a sobrecargas con el fusible obtenido en el CT (100 A). Si esto no fuese así advertiría que se deben *Elevar Secciones* o se deben poner protecciones en las reducciones de sección.

Igualmente se puede calcular la protección a *cortocircuitos* , indicando la potencia del transformador que alimenta la red de BT.

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

Resulta conveniente ir salvando el proyecto a disco de vez en cuando, para ello basta pinchar el icono activo en la barra de botones .

Mediante las opciones del menú *Resultados* o directamente pinchando los iconos activos de la barra de botones     se puede acceder al *Anexo de Cálculos, Medición* del proyecto y obtener los *Planos* en fichero *DXF* (para leerlos desde un CAD).

Para una comprobación rápida de los resultados obtenidos se pueden visualizar las ventanas de resultados (nudos, líneas y c.c.) - Menú Ver -.

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

- **Criterios técnicos de diseño**
- **Descripción básica del programa**
- **Filosofía de trabajo**
- **Ejemplo práctico resuelto**

Criterios técnicos de diseño

Potencia prevista y estructura de líneas de media tensión

La potencia prevista en líneas de media tensión dependerá de los centros de transformación que tenga conectados, y la simultaneidad de funcionamiento y estructura de la red se hará según las normas particulares de la compañía suministradora de la energía eléctrica.

La compañía ENDESA, para la zona de Andalucía, aplica un coeficiente de simultaneidad de 0,8 sobre la suma de las potencias previstas en los CCTT, siempre que el número de éstos no sea inferior a cuatro, en cuyo caso el coeficiente a considerar será la unidad. Los modelos de red que tiene tipificados son los siguientes:

- Zona rural dispersa (n° suministros < 200 , situación fuera de los núcleos de población que no sean polígonos industriales o residenciales).

La red generalmente será aérea con estructura radial. Normalmente no existirá apoyo de otras líneas.

- Zona rural concentrada ($200 \leq n^{\circ}$ suministros < 2000).

Para la alimentación a estos municipios la estructura será similar a la zona rural dispersa, con la salvedad de que pueda ser subterránea en las áreas más céntricas de la población (en este caso la estructura será la indicada para zona urbana).

- Zona semiurbana ($2000 \leq n^{\circ}$ suministros < 20000)

La red será generalmente aérea, con posibilidad de otras alimentaciones de la misma subestación (a ser posible de diferente barra) o de otras subestaciones próximas. Podrá ser subterránea en el interior del núcleo, en cuyo caso la estructura será la indicada para zona urbana.

- Zona urbana (n° suministros > 20000)

En general las redes serán subterráneas. Siempre que se trate de red subterránea, todo centro de transformación y todo suministro en media tensión debe tener posibilidad de alimentación alternativa para caso de fallo de su alimentador en servicio. Consiguientemente, en estas redes, todo CCTT y todo suministro en media tensión, debe tener entrada y salida de línea; bien sea porque esté incluido en un bucle de la red de media tensión, o bien porque tenga circuito trifásico de reserva, con apartamiento de maniobra para poder realizar el cambio de alimentador de forma sencilla. Por su parte, las secciones de los conductores de las redes subterráneas de MT se preverán para poder garantizar esa alimentación alternativa en caso necesario.

- Polígonos industriales.

Las redes serán aéreas o subterráneas, en función de la normativa local. El esquema de la red se orientará al bucle, pudiendo existir alimentaciones directas a clientes de MT de elevada potencia.

En casos en que la red (o parte de ella) tenga que ser subterránea, el esquema será el de anillo, al menos en los tramos soterrados.

Redes Subterráneas

La ejecución de estas líneas se hará según las normas particulares de la compañía suministradora de la energía eléctrica.

La compañía ENDESA, para la zona de Andalucía, sólo permite cables unipolares de aluminio homogéneo con secciones normalizadas de 150 y 240 mm² (aislamiento seco XLPE y EPR), pudiendo emplearse cable de 400 mm² en aquellos casos en que sea necesario.

A fin de reforzar la garantía de la calidad del servicio eléctrico, en las líneas de tensión nominal 20 kV, el conductor a instalar será 18/30 kV. Las pantallas de los cables serán conectadas a tierra. Los accesorios (empalmes, terminaciones, etc) estarán constituidos por materiales premoldeados o termorretráctiles, no admitiéndose accesorios basados en encintados.

La instalación de las líneas subterráneas de distribución se hará necesariamente sobre terrenos de dominio público, o bien en terrenos privados, en zonas perfectamente delimitadas, con servidumbre garantizada. Siempre que sea posible discurrirán bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos de los cables, a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en proyecto.

Los conductores deberán ir siempre bajo tubo de polietileno de 160 mm o de 200 mm de diámetro. En los cruces bajo calzada se instalará un segundo tubo de reserva y se construirá sobre ellos un dado de hormigón. También se dispondrá de un segundo tubo de reserva en las zonas en que se prevea una posible futura ampliación de la red. La profundidad mínima de la canalización será de 900 mm en acera o de 1100 mm en calzada. Se colocará encima de los cables una protección mecánica resistente en una placa de polietileno para protección de cables y una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos debajo de ella.

Será necesaria la construcción de arquetas en todos los cambios de dirección de los tubos y en alineaciones superiores a 40 m, de forma que ésta sea la máxima distancia entre arquetas; así como en empalmes de nueva ejecución. Se evitará la construcción de arquetas donde exista tráfico rodado; pero cuando no haya más remedio, se colocarán tapas de fundición. Esta solución no debe, sin embargo, autorizarse en urbanizaciones de nueva construcción donde las calles y servicios deben permitir situar todas las arquetas dentro de las aceras.

Redes aéreas

La ejecución de estas líneas se hará según las normas particulares de la compañía suministradora de la energía eléctrica.

La compañía ENDESA, para la zona de Andalucía, estructura sus líneas a partir de la subestación, donde se instalarán el interruptor y la protección de la línea. Las líneas principales serán de sección uniforme adecuada a las características de carga de la línea; igualmente las derivaciones tendrán la misma sección en todo su recorrido.

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

En general las líneas se diseñarán para un solo circuito, si bien cuando por condiciones de explotación, trazado o impacto ambiental se requiera podrán ser de doble circuito.

En el trazado de las líneas se deberán cumplir todas las reglamentaciones y normativas relativas a distancias a edificaciones, vías de comunicación y otros servicios, tanto en cruces como en paralelismos, así como los requerimientos mecánicos y eléctricos en ellas establecidos. En el trazado de las líneas aéreas de MT se procurará reducir al máximo su impacto medio ambiental sobre el entorno. Se procurará que su traza discurra por lugares en que pasen lo más desapercibidas posible.

Los conductores de las líneas principales serán de sección uniforme, de los tipos LA-180 o LA-110. Los conductores de las derivaciones serán también de sección uniforme, de los tipos LA-110 o LA-56. En el arranque de las derivaciones se instalará un dispositivo de seccionamiento que las aisle de la línea principal. Las derivaciones estarán protegidas desde la cabecera de la línea. Cuando por criterios de explotación deba existir una protección intermedia, ésta será selectiva con la de cabecera.

A fin de no tener que dejar sin tensión la totalidad de la línea para efectuar maniobras, en los puntos adecuados se instalarán interruptores seccionadores en atmósfera de SF₆, bien sea de tipo intemperie, o bien instalado en el interior de un centro de seccionamiento. En derivaciones aéreas a un solo centro de transformación con potencia no superior a 400 kVA y longitud de la derivación no superior a 200 m, la maniobra podrá realizarse por medio de seccionadores unipolares de tipo intemperie, una vez que se haya asegurado que la derivación está sin carga.

En el inicio de una derivación aérea conectada a una línea que alimente a más de 1.000 clientes en zona urbana o semiurbana, o con potencia superior a 2.000 kVA, se instalará un reconector (interruptor) automático aéreo, del tipo intemperie, dotado de maniobra de apertura y cierre automático. Detectará tanto la corriente de fase como la corriente homopolar y si circulan corrientes de defecto superiores a los niveles de disparo predefinidos interrumpe automáticamente las tres fases.

En el inicio de una derivación aérea conectada a una línea que alimente a menos de 1.000 clientes en zona urbana o semiurbana, o con potencia no superior a 2.000 kVA, se instalará un seccionalizador que abra automáticamente cuando la línea se encuentre sin tensión después de un número determinado de pasos de corriente de falta. Deberá ir asociado al ciclo de reconexión del interruptor de cabecera de la línea y la apertura se realizará necesariamente de forma tripolar.

En toda nueva derivación de la red de distribución aérea en MT de ENDESA en Andalucía, en que no se instale reconector automático o seccionalizador, y en CCTT se ubicarán cortacircuitos fusibles junto con seccionadores unipolares. Para derivaciones que alimenten a un solo transformador de hasta 250 kVA y estén en puntos de la red donde la I_{cc} sea menor que 8 kA, podrán emplearse cortacircuitos fusibles de expulsión. En los demás casos en que se empleen fusibles, éstos serán de alto poder de ruptura (APR).

Cuando la longitud de la red de distribución derivada sea menor o igual a 100 m, ésta se considerará como parte de la propia línea principal o derivación principal y, en consecuencia, no se instalará ni seccionador ni protección en su arranque.

En los pasos de aéreo a subterráneo, se instalarán pararrayos de óxido metálico para la protección de sobretensión.

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

Se emplearán conductores de aluminio con alma de acero tipo LA en zonas consideradas con nivel de contaminación normal o alta. En zonas con nivel de contaminación muy alto, se emplearán conductores de aluminio con alma de acero recubierto de aluminio tipo LARL. En caso de contaminación excepcionalmente elevada se estudiará la conveniencia de emplear conductor de cobre (C35, C50E, C95).

Los apoyos metálicos y de hormigón armado estarán provistos de una puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse por descargas en el propio apoyo. Esta instalación de puesta a tierra, complementada con los dispositivos de interrupción de corriente en cabecera de línea, deberá facilitar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, y contribuir, en caso de contacto con masas susceptibles de ponerse en tensión, a eliminar el riesgo eléctrico de tensiones peligrosas. El valor máximo de la resistencia de puesta a tierra será de 20 Ω .

Las líneas se dimensionarán teniendo en cuenta su función en la estructura de explotación de la red.

Descripción básica del programa

Este módulo permite dibujar y calcular eléctricamente redes de distribución en alta tensión, tanto aéreas como subterráneas, con distribución mallada y/o ramificada, con cualquier sistema de canalización, suministro y metal. Con este fin, pone a disposición del usuario herramientas gráficas para realizar el diseño de la forma más simple posible. La paleta de componentes se utiliza para dibujar los bloques gráficos en planta (conexión a red AT, transformador, apoyo, arqueta, etc), la ventana de propiedades para definir los datos y parámetros de todos los elementos y la paleta de herramientas sirve de apoyo al diseño (opciones de visualización, borrar, etc).

A grandes rasgos el programa presenta nueve zonas bien diferenciadas, las cuales quedan descritas a continuación (de arriba hacia abajo):

Zona 1: **Menú General** de opciones.

Zona 2: **Botonera** de acceso directo a los comandos más usuales.

Zona 3: Paleta de **referencia a objetos**.

Zona 4: **Pestañas de selección** de las diferentes instalaciones.

Zona 5: Paleta de **Componentes gráficos**.

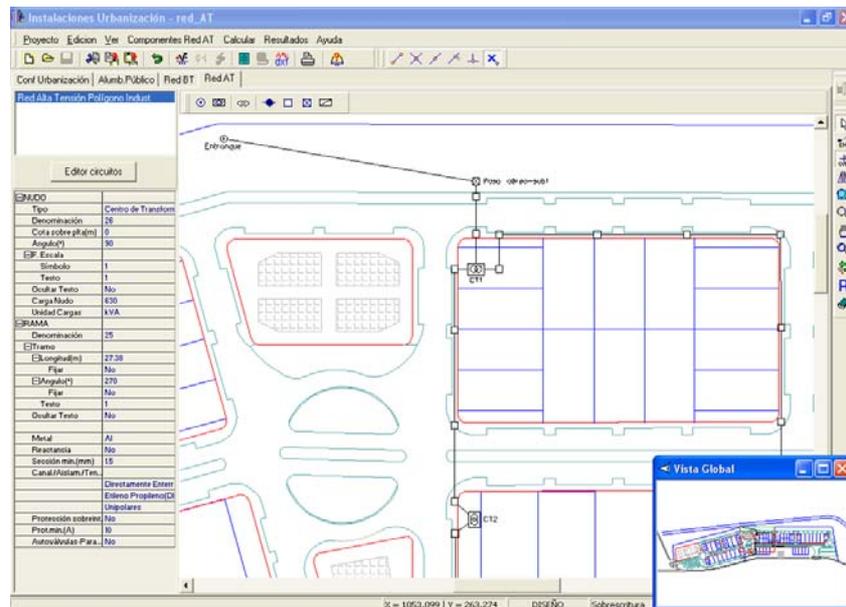
Zona 6: **Editor de Circuitos**.

Zona 7: Ventana de **Propiedades** de componentes (Datos y Parámetros de nudos y ramas).

Zona 8: Paleta de **Herramientas**.

Zona 9: Zona de **edición gráfica**.

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión



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 Red AT - 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, 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 los resultados en otro elegido por el usuario (word, wordperfect, etc.), configurar el tiempo para realizar las copias de seguridad automáticas, hacer una presentación previa del esquema 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, configurar la impresora, fijar la escala de impresión o salir del programa.

El Menú **Edición** recoge las opciones gráficas del programa, permitiendo deshacer operaciones realizadas, cortar o copiar todos aquellos nudos y ramas que se hayan seleccionado (identificados en azul en el esquema) y llevarlos al portapapeles, pegar en la zona de edición gráfica, en el lugar deseado por el usuario, todos los nudos y ramas que habían sido cortados o copiados anteriormente, escoger el modo usual de trabajo, 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 nudos y/o ramas y poder cambiarles propiedades o aplicarles directamente las opciones gráficas descritas, escoger el modo enlace para tener la posibilidad de enlazar el nudo origen con otros nudos de la red, trabajar en modo orto a la hora de introducir nudos y ramas 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), renumerar los nudos y ramas en función del orden de introducción o por recorrido en profundidad, y borrar todos aquellos nudos y ramas seleccionados en la zona de edición gráfica (reflejados en azul).

El Menú **Ver** permite activar o desactivar las barras de botones y la ventana de edición de datos. Permite mostrar además la ventana de resultados de nudos, líneas, cortocircuito y mensajes, una vez se haya calculado un proyecto, visualizar el anexo de cálculos (resultados de nudos y ramas) por orden de introducción o recorrido en profundidad, 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, visualizar o no los nudos y ramas, así como el texto que acompaña a éstos, seleccionar el modo gráfico de trabajo 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 tipos de bloques gráficos que existen comúnmente en una red de distribución de alta tensión. La introducción de componentes se puede realizar a través de este menú o, preferiblemente (por rapidez), a través de la paleta de componentes.

La conexión a red AT  y subestación transformadora AT/AT  son los nudos que suministran la energía eléctrica a la red, el transformador AT/BT  es el punto de consumo dentro de la red AT, la caja de registro/derivación  representa un punto de registro (similar a una caja de derivación de una red aérea), la arqueta  es un registro de una red subterránea (puede ser prefabricada o de obra), el apoyo AT  es un punto de sujeción de conductores en redes aéreas, y el centro de reflexión  es un punto de seccionamiento de la red. Los apoyos, cajas y arquetas pueden ser simplemente nudos de paso o pueden utilizarse como derivación de líneas.

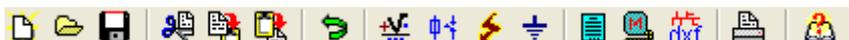
El Menú **Cálculos** permite calcular el proyecto a calentamiento y caída de tensión, la protección a sobrecargas y la protección a cortocircuito.

El Menú **Resultados** proporciona la Memoria Descriptiva y Anexo de Cálculos del proyecto, el Pliego de Condiciones y la Medición completa, genera dichos documentos en formato RTF para ser leídos desde cualquier tratamiento de textos, y crea el Plano de la red en planta en formato DXF para rescatarlo 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.

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

-  Comenzar un proyecto nuevo.
-  Abrir un proyecto existente.
-  Salvar un proyecto a disco.
-  Cortar los nudos y ramas seleccionados en la zona de edición gráfica y transportarlos al portapapeles.
-  Copiar los nudos y ramas seleccionados en la zona de edición gráfica y transportarlos al portapapeles.
-  Pegar en la zona de edición gráfica los nudos y ramas que anteriormente se habían cortado o copiado.
-  Deshacer operaciones ya efectuadas.
-  Calcular el proyecto completo.
-  Calcular la protección a sobrecargas de la red.
-  Calcular la protección a cortocircuito de la red.
-  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.
-  Generar el plano de planta de la red eléctrica en fichero DXF para ser leído desde un programa de diseño asistido por ordenador (CAD) o un tratamiento de textos.
-  Imprimir la red visualizada en la zona de edición gráfica.
-  Acceder a la Ayuda del programa.

Zona 3 – Paleta de referencia a objetos

Permite introducir la red de alta tensión tomando referencias de la imagen de fondo, si la hay, o de la propia red.



Las posibilidades se muestran a continuación.

-  Punto final de una línea.
-  Intersección de líneas.
-  Punto medio de una línea.
-  Punto Cercano sobre una línea.
-  Perpendicular a una línea.
-  Ninguna referencia.

La opción por defecto, *ninguna referencia*, no permite tomar referencias de la imagen de fondo ni de la propia red. Si un usuario introduce un nudo encima de otro sin ninguna referencia, el programa no hace enlace alguno, simplemente se limita a ubicar dos nudos solapados. Esto sería incorrecto, pues nunca deben existir nudos superpuestos (entre dos nudos siempre debe haber una rama, conductor eléctrico, etc).

La opción *punto final* permite introducir un nudo tomando como referencia el punto final de una línea de la imagen de fondo. Si se hace sobre una línea o rama de la propia red el programa hace automáticamente un enlace; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Punto Final* a indicar *Punto Final – Enlace*.

La opción *intersección* permite introducir un nudo tomando como referencia la intersección de dos líneas de la imagen de fondo. Si se hace sobre la intersección de dos líneas o ramas de la propia red el programa hace automáticamente un enlace; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Intersección* a indicar *Intersección – Enlace*.

La opción *punto medio* permite introducir un nudo tomando como referencia el punto medio de una línea de la imagen de fondo. Si se hace sobre una línea o rama de la propia red el programa inserta automáticamente un nudo en mitad de la rama, dividiendo a ésta en dos partes iguales; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Punto Medio* a indicar *Punto Medio – Inserción*.

La opción *cercano* permite introducir un nudo tomando como referencia un punto cualquiera de una línea de la imagen de fondo. Si se hace sobre una línea o rama de la propia red el programa inserta automáticamente un nudo en un punto cualquiera de la rama, dividiendo a ésta en dos partes; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Cercano* a indicar *Cercano – Inserción*.

La opción *perpendicular* permite introducir un nudo tomando como referencia el punto perpendicular de una línea de la imagen de fondo. Si se hace sobre una línea o rama de la propia red el programa inserta automáticamente un nudo en el punto perpendicular de la rama, dividiendo a ésta en dos partes; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Perpendicular* a indicar *Perpendicular – Inserción*.

Las opciones *Orto*  y *Fijar longitud y ángulo* predominan sobre la paleta de referencia a objetos.

Zona 4 – Pestañas de selección de instalaciones

Se debe recordar que un *módulo* es un conjunto de elementos (nudos y ramas, ventana de propiedades, etc), que nos permite realizar el dibujo y cálculo de una instalación. Cada módulo representa una instalación diferente (alumbrado público, red de distribución de baja tensión, etc). Para acceder a las diferentes instalaciones eléctricas, o sea, a los diferentes módulos, se han ideado unas pestañas de selección. Para **abrir un módulo basta pinchar sobre su pestaña**. Sólo puede existir un módulo o instalación activa, por lo tanto, la apertura de un módulo implica el cierre de otro. Esto es coherente, pues si el usuario está introduciendo una red de alta tensión (módulo abierto) no necesita tener activos los componentes de una red de baja tensión (módulo cerrado).

El módulo de Configuración de la urbanización es común para todas las instalaciones (una misma distribución de parcelas, calles, aceras, etc).

Zona 5 - Paleta de Componentes gráficos

Refleja todos los bloques gráficos (tipos de nudos) necesarios para diseñar una red de alta tensión. Se encuentra justo debajo de la barra de botones.



Nudos de Suministro de Energía Eléctrica a la red (puntos de partida)

 Conexión a una Red de Alta Tensión ya existente (entronque aéreo-aéreo, aéreo-subterráneo o subterráneo-subterráneo). También puede representar el punto de conexión a una celda de línea de un CT ya existente, punto de inicio de la red que se desea calcular.

 Subestación Transformadora AT/AT. Es la encargada de transformar la energía que proviene a tensiones muy elevadas (alta tensión, muy alta tensión) a tensiones menores (alta tensión, media tensión).

Nudo de Consumo (kVA, A)

 Transformador AT/BT. Es el encargado de transformar la tensión existente en la red A.T. en una tensión menor (B.T.), susceptible de alimentar los receptores eléctricos de uso común en viviendas, locales comerciales, industrias, factorías, etc. Es el elemento del que parten comúnmente las redes eléctricas de BT.

Nudos de Paso o Derivación

 Caja de registro/derivación. Representa una derivación (en caja, módulo, envolvente, etc) en redes aéreas de AT con conductores aislados.

 Arqueta (para redes subterráneas con conductores aislados, normalmente bajo aceras o firme alquitranado). Sus dimensiones están normalizadas por las compañías distribuidoras de la energía eléctrica.

 Apoyo de alta tensión (para redes aéreas, normalmente en el medio rural). Sus dimensiones (altura, esfuerzo en punta, etc) deberán ser obtenidas del cálculo mecánico que

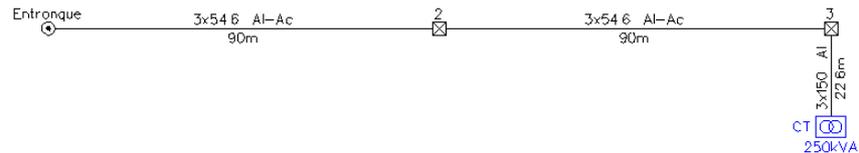
Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

impone el RLAAT. El programa CMAT de la empresa DMELECT permite calcular mecánicamente líneas aéreas de alta tensión (conductores, apoyos, aisladores, etc).

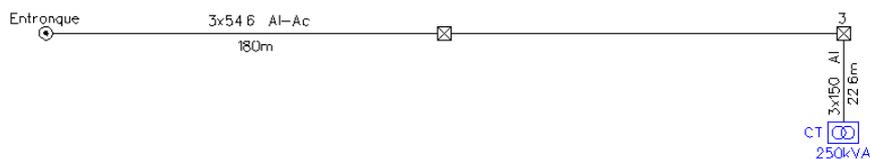
 Centro de reflexión. Es utilizado por las compañías suministradoras como elemento (envolvente, etc) donde cerrar o unir redes ramificadas y convertirlas, por lo tanto, en redes con topología mallada.

Estos nudos, según su función, serán considerados como:

- Una derivación o conexión de dos ramas diferentes (*Función Tramo: Derivación* en la ventana de propiedades). En este caso las ramas adyacentes a este nudo serán tratadas de forma independiente en el cálculo, apareciendo cada una con su sección en el plano, en el anexo, etc. En este nudo aparecerán todas sus características eléctricas (caída de tensión, etc). En el siguiente ejemplo los nudos 2 y 3 son considerados como *derivación*.



- Un simple nudo de paso (*Función Tramo: Paso* en la ventana de propiedades). En este caso las ramas adyacentes a este nudo serán tratadas de forma conjunta en el cálculo (considerando la longitud total, suma de todos los tramos), apareciendo sólo una sección en el plano, en el anexo, etc, común para todas ellas. En este nudo no aparecerán características eléctricas (caída de tensión, etc). Un nudo del que salgan más de dos ramas o donde cambien las propiedades de las éstas (paso de aéreo a subterráneo, etc) ya no podrá ser de paso. Este tipo de nudo permite al usuario dibujar una misma rama a base de varios tramos, por cambios de dirección, por registros, etc. En este ejemplo el nudo 2 del caso anterior ha sido considerado como *paso*.



Zona 6 – Editor de circuitos



Esta opción permite al usuario calcular diferentes circuitos en un mismo proyecto. El circuito activo, que aparece remarcado de color azul, es sobre el que el usuario está trabajando (es posible cambiarle propiedades, calcularlo, etc).

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

Dentro del Editor el programa permite crear, borrar y copiar circuitos. También se puede especificar si se desea que un circuito esté visible cuando no es el circuito activo, y que aparezcan sus resultados en el anexo de cálculos, medición o planos.

Zona 7 - Ventana de Propiedades de componentes

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

<input type="checkbox"/> NUDO	
Tipo	Centro de Transformación
Denominación	CT1
Cota sobre plta(m)	0
Angulo(*)	0
<input type="checkbox"/> F. Escala	
Ocultar Texto	No
Carga Nudo	0
Unidad Cargas	kVA
<input type="checkbox"/> RAMA	
Denominación	6
<input type="checkbox"/> Tramo	
<input type="checkbox"/> Longitud(m)	26.84
Fijar	No
<input type="checkbox"/> Angulo(*)	270
Fijar	No
Texto	1
Ocultar Texto	Si
Metal	Al
Reactancia	No
Sección min.(mm)	1.5
Canal./Aislam./Ten...	
	Directamente Enterrado,
	Etileno Propileno(DHV)
	Unipolares
Protección sobreint.	No
Prot.min.(A)	10
Autoválvulas-Para...	No

Datos y parámetros de Nudos

La opción tipo sirve para modificar la representación gráfica de un nudo, una vez introducido en la red, la función permite identificar al nudo como paso (simple registro o cambio de dirección) o derivación (estrellamiento de la red), la denominación se utiliza para poner nombre al nudo (caso de obviar esta opción el programa asigna automáticamente una numeración sucesiva), la cota se utiliza para definir la altura del nudo sobre la urbanización, el ángulo permite rotar los nudos de la red, el factor escala permite representar el nudo y su texto asociado de mayor o menor tamaño, la opción ocultar texto permite ocultar o visualizar el texto asociado al nudo, la carga representa la potencia suministrada a un abonado conectado a la red eléctrica (trafo AT/BT) y la unidad puede ser A o kVA.

Datos y parámetros de Ramas

La denominación se utiliza para poner nombre a la rama (caso de obviar esta opción el programa asigna automáticamente una numeración sucesiva), las opciones Fijar Longitud y Angulo permiten fijar los valores de longitud y ángulo al introducir un nudo y una rama en la zona de edición gráfica (caso de no seleccionar esta opción el movimiento del ratón por la pantalla da

las coordenadas del nudo a introducir, traducidas en longitud y ángulo), la opción ocultar texto permite ocultar o visualizar el texto asociado a una rama, el metal indica la constitución del conductor, la reactancia influye en la caída de tensión de la línea eléctrica, pero puede ser o no considerada por el usuario, en modo de cálculo comprobación (Condiciones Generales), el usuario puede fijar la sección y nº de conductores por fase si lo desea (en modo diseño se fijaría una sección mínima de partida), la Canal./Aislam./Polar. permite definir las características del circuito eléctrico, en cuanto a sistema de canalización empleado, aislamiento y nivel de aislamiento del conductor y polaridad de los cables, la protección puede ser contra sobretensiones (térmica) y contra caída de rayos en las líneas (sobretensiones transitorias, de origen atmosférico) – empleo de autoválvulas pararrayos -.

Zona 8 - Paleta de Herramientas

Permite tener acceso directo a las *operaciones más usuales* de edición gráfica y visualización de la red. Se encuentra en la zona lateral 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.



 **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 nudos y/o ramas, para poder cambiarles propiedades o aplicarles directamente todas las opciones gráficas. Este modo permite además acceder a las paletas de componentes y pinchar la opción deseada para insertarla en la zona de edición gráfica (introducción de la red).

 **Modo Enlace.** Este modo de trabajo permite enlazar el nudo origen que estaba activo con cualquier nudo de la red.

 **Modo Orto.** Permite introducir nudos y ramas 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).

 **Simetría.** Permite hacer una copia simétrica de los nudos y ramas seleccionados.

 **Zoom Ventana.** Permite obtener una vista ampliada de una zona en concreto; para ello basta seleccionar dos puntos, diagonalmente opuestos, de dicha zona.

 **Zoom en tiempo real.** Esta opción aumenta o disminuye el tamaño aparente de la imagen que aparece en pantalla.

 **Encuadre en tiempo real.** Esta opción mueve la posición del dibujo en cualquier dirección bidimensional.

 **Zoom todo.** Permite obtener la visión más amplia del dibujo completo, ajustándola a los límites de la zona de edición gráfica.

 **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 nudos y ramas seleccionados (reflejados en azul).

Zona 9 - Zona de Edición Gráfica

Es la zona donde se van introduciendo todos los bloques gráficos de la red de alta tensión, pinchando directamente con el botón izquierdo del ratón (hacer un clic) sobre un tipo de nudo de la paleta de componentes y, tras definir sus datos y parámetros en la ventana de propiedades, hacer un segundo clic en el lugar deseado por el usuario de la zona de edición gráfica.

Filosofía de trabajo

Antes de comenzar a diseñar una red de alta tensión es interesante disponer de las plantas de la urbanización dibujadas en un CAD (**DWG** preferentemente, aunque también es posible leer ficheros en formato DXF, BMP, TIF o JPG). Estos ficheros de dibujo deben estar salvados en un directorio del ordenador (no en una unidad de disco externa, CD-ROM o diskette).

También es conveniente haber hecho un estudio previo de la situación del punto de entronque con la red de alta tensión (según criterio de la compañía suministradora), ubicación de apoyos o arquetas según la distribución de las parcelas y conocer la potencia de cada transformador AT/BT conectado a la red eléctrica.

Una vez dentro del programa, el primer paso sería realizar la **configuración de la urbanización** **Conf Urbanización**. Para cargar un fichero con la información gráfica de la urbanización o dibujo topográfico del medio rural basta pinchar la opción “Nueva” de la ventana de propiedades (lateral izquierda), pulsar la opción de búsqueda  sobre el menú archivo, localizar el fichero (DWG, DXF, BMP, TIF o JPG) en el directorio o carpeta donde esté salvado, seleccionar dicho fichero y pulsar “abrir”. Una vez identificado es posible quitarle capas innecesarias para realizar el trazado de la red de alta tensión; un dibujo limpio se trabaja con más rapidez. Una vez importada la imagen, para que pase automáticamente a los diferentes módulos (red BT, red AT, etc) se debe seleccionar en el menú *Imagen de Fondo* (por defecto aparece *Sin Imagen*).

Una vez definida la configuración de la urbanización o topografía rural se procederá al **dibujo de la instalación o instalaciones en planta** (diseño gráfico). Para pasar al módulo de alta tensión basta **pinchar sobre su pestaña** **Red AT**.

Es fundamental, antes de comenzar a dibujar la instalación de alta tensión, leer el apartado “**Criterios Técnicos de Diseño**” de este manual.

También es aconsejable verificar las “**Condiciones Generales**” del proyecto. Aunque la aplicación incorpora todas las opciones por defecto, el usuario puede modificarlas según sus necesidades (normas particulares de la compañía suministradora, etc). Por ejemplo, la compañía ENDESA, en la zona de Andalucía, sólo permite trabajar con las secciones de 150 y 240 mm² (en aluminio) si la red de distribución es subterránea y con los conductores LA-56, LA-110 y LA-180 (aluminio-acero) si la red es aérea (en zonas con nivel de contaminación muy alto se permiten los conductores tipo LARL, aluminio con alma de acero recubierto de aluminio). Además, permite aplicar un coeficiente de simultaneidad de 0,8 sobre la suma de las potencias previstas en los CCTT alimentados por la red, siempre que el número de éstos no sea inferior a cuatro, en cuyo caso el coeficiente a considerar será la unidad

Para **diseñar las redes de alta tensión** el usuario dispone de la **paleta de componentes** . En dicha paleta encontraremos símbolos (bloques gráficos) para dibujar una *conexión a red AT* , una *subestación transformadora AT/AT* , un *centro de transformación AT/BT*  y nudos de paso o derivación (caja de registro , arqueta , apoyo AT  y centro de reflexión ).

Cada uno de estos componentes representa un nudo de la red. Dos nudos siempre quedarán unidos a través de una rama (tramo de línea eléctrica), cuya longitud aparece en la ventana de propiedades (lateral izquierda).

Para introducir el primer nudo de la red, una conexión a red AT normalmente , basta hacer un clic con el botón izquierdo del ratón sobre el icono deseado de la paleta de componentes , observando que el cursor del ratón pasa de ser una cruz a ser una cruz con un cuadrado (clave de introducción de nudos); en ese momento se puede acceder a la ventana de propiedades y definir las características de ese primer nudo (o dejar los valores que el programa asigna por defecto); posteriormente se desplaza el cursor del ratón hacia la zona de edición gráfica (dibujo de la planta), se sitúa en el lugar exacto y se hace un clic con el botón izquierdo para que quede insertado (dibujado).

Se puede apreciar que la paleta de componentes se mantiene en el estado anterior, pues siempre queda activado el último icono seleccionado, por lo tanto, se debe acceder de nuevo a la paleta de nudos y escoger otro icono, según necesidades de la red (apoyo, arqueta, etc), ya que no pueden existir dos conexiones a red seguidas. El sistema de elección, como en el caso anterior, consiste en hacer otro clic sobre el icono deseado; se puede observar como el nuevo nudo queda unido al anterior mediante una rama que los enlaza.

Una vez seleccionado el segundo nudo, automáticamente se activa la opción "RAMA" en la ventana de propiedades. Esto indica que cuando se inserte el nudo, sobre el dibujo de la urbanización o topografía rural, quedará unido al anterior mediante una rama, que esta rama será un tramo de línea eléctrica y que tendrá las características que aparecen en la ventana de propiedades. Por lo tanto, antes de ubicar el segundo nudo se pueden cambiar las características de la rama de unión en la ventana descrita.

Antes de ubicar el segundo nudo sobre la planta de la urbanización, se puede observar que el movimiento del ratón por la zona de edición gráfica proporciona la "longitud" de la rama de unión en la ventana de propiedades. Si se inserta el nudo, la distancia hasta el anterior será la indicada en dicha ventana. Otra opción es *fixar* la longitud y/o el ángulo de dicha rama (coordenadas polares) e indicar el valor deseado por el usuario. En este segundo caso, al hacer un clic sobre el botón izquierdo del ratón, el nudo se insertará en el lugar establecido por dichas coordenadas, no donde esté posicionado el cursor del ratón. Esta opción es muy útil en redes de alta tensión, cuando se quiere fijar la distancia entre arquetas en alineaciones rectas (por ejemplo, 40 m).

El resto de nudos y ramas se van introduciendo de forma idéntica. Por lo tanto, es posible dibujar redes con diferentes nudos (conexión a red AT, centros de transformación, arquetas, apoyos, etc), diferentes propiedades de nudos (cota, denominación, carga, etc) y diferentes propiedades de ramas (metal, tipo de canalización, etc).

Para trazar un tramo de red que derive de un nudo ya definido, anterior, basta pasar al modo selección , pinchar con el botón izquierdo del ratón sobre él (para activarlo) y volver a la paleta de componentes con el fin de seguir introduciendo nudos y ramas.

Para trazar un tramo de red que derive de un nudo ya definido, anterior, basta pasar al modo selección , pinchar con el botón izquierdo del ratón sobre él (para activarlo) y volver a la paleta de componentes con el fin de seguir introduciendo nudos y ramas.

Es interesante observar que en modo selección  (es posible modificar propiedades de componentes) el cursor del ratón adopta el aspecto de una cruz +, sin embargo, en modo introducción de componentes (dibujo de la red) el cursor del ratón adopta el mismo aspecto anterior pero con un cuadrado en el centro, de esta manera el usuario podrá saber si está

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

introduciendo componentes o seleccionándolos para modificar características en la ventana de propiedades.

Toda red de alta tensión siempre debe partir de una *subestación transformadora*  o de una *conexión a una red de alta tensión* ya existente , con el fin de establecer las intensidades desde dichos nudos hasta los puntos finales (consumos, CT's).

El *centro de transformación*  contiene los transformadores de potencia, donde se transforma la alta tensión ($U > 1000 \text{ V}$) en baja tensión ($U \leq 1000 \text{ V}$). Por lo tanto, el CT representa un punto de consumo (kVA) dentro de la red de alta tensión. Sin embargo, a la hora de calcular las redes de baja tensión (módulo *Red BT*) el CT será el nudo de aporte de energía, siendo los abonados de BT los puntos de consumo en este caso (la tensión de suministro más usual es 400/230 V).

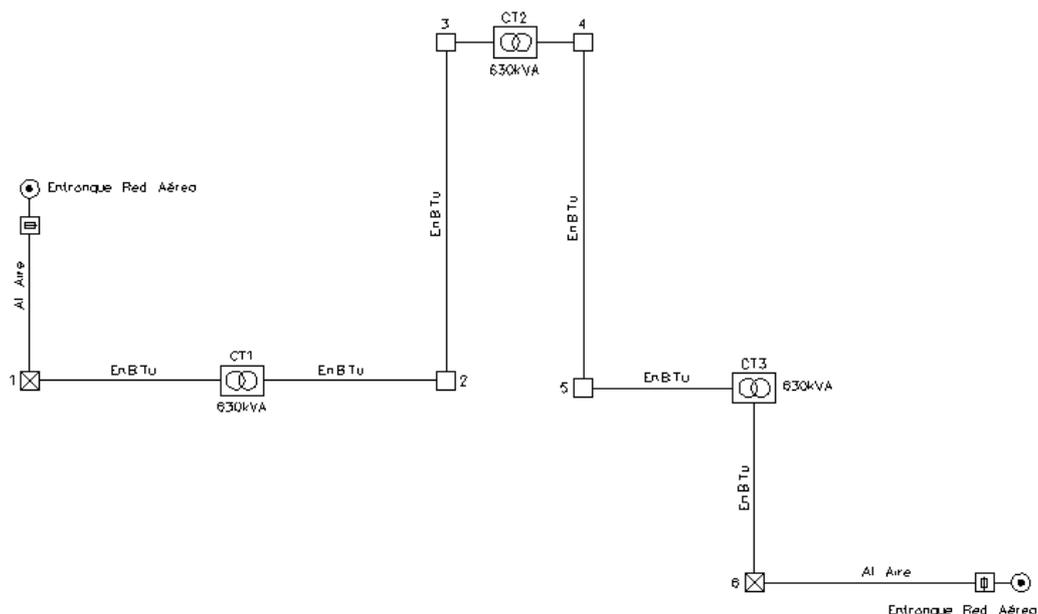
La *caja de registro/derivación*  es un punto de registro de una canalización eléctrica aérea, lugar donde puede practicarse un empalme de conductores, etc. Puede comportarse como un nudo de paso (llegada y salida sin más) o de derivación (una llegada y varias salidas). Este componente será poco utilizado en redes de alta tensión, pues en líneas aéreas de alta tensión las derivaciones se realizan en los propios apoyos (instalación de seccionadores tipo intemperie, etc) y en redes subterráneas las derivaciones se hacen desde celdas de alta tensión prefabricadas diseñadas específicamente para este uso (contienen seccionadores de corte en SF6, celdas de línea). Estas celdas se ubican en las envolventes de los propios centros de transformación o centros de seccionamiento y distribución.

El *apoyo AT*  representa un punto de sujeción del cable en una línea aérea (normalmente se utilizan conductores desnudos conectados a aisladores). Pueden ser nudos de paso (llegada y salida sin más) o derivación (una llegada y varias salidas).

La *arqueta*  es un punto de registro de una canalización eléctrica subterránea, lugar donde puede practicarse un cambio de dirección, cruce de calzada, etc. Normalmente se comporta como un nudo de paso (llegada y salida sin más), pues las derivaciones se hacen en las celdas de línea ya comentadas.

El *centro de reflexión*  es un punto de seccionamiento (conexión o desconexión) de diferentes líneas eléctricas.

El programa permite calcular una red a calentamiento y caída de tensión  estando mallada o alimentada desde diferentes puntos de suministro, sin embargo no es posible calcular la protección a sobrecargas  ni a cortocircuitos , pues el programa no puede saber la zona de influencia de cada protección dentro de la red mallada o con doble alimentación.



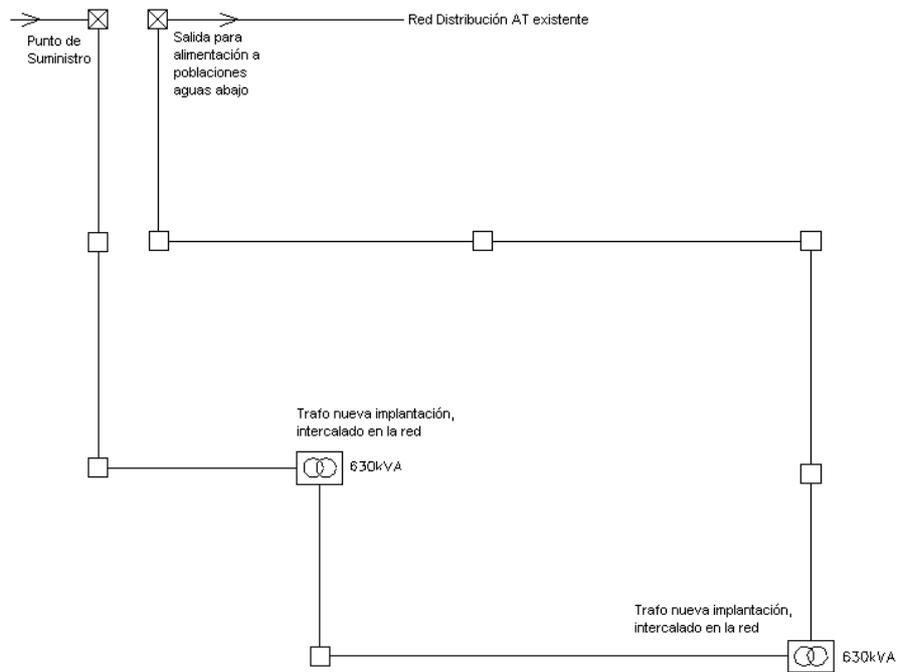
Para calcular las protecciones se debe abrir la red mallada o con doble alimentación por el punto que estime la compañía suministradora (el más desfavorable, el punto de mínima tensión, etc). Si se desea comprobar la red abriendo por el punto de mínima tensión, por ejemplo, el usuario podrá apreciar que éste es el que aparece de color verde dentro de la red eléctrica, por lo tanto bastará borrar una de las dos ramas que llegan a él para poder calcular (normalmente la que menor intensidad transporte, para que el desajuste de la red abierta respecto a la mallada o con doble alimentación sea el menor posible).

La compañía ENDESA, en la Comunidad Autónoma de Andalucía, indica en sus normas particulares los centros de transformación (conectados a redes MT) que pueden ser alimentados desde una simple derivación de una red ya existente o tienen que estar conectados desde dos puntos diferentes – doble alimentación - (todo ello va en función del nº de suministros alimentado).

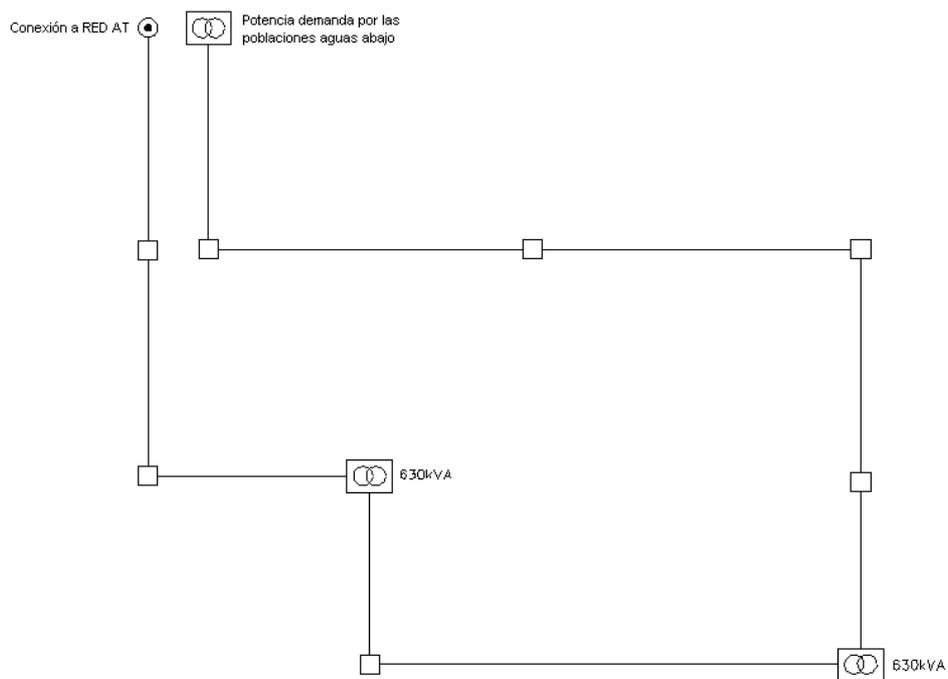
Otro caso muy común se da cuando se quiere realizar un bucle en la red de la compañía, alimentando a varios centros de transformación conectados en serie (intercalados en la red de distribución).

En la siguiente figura se puede observar un ejemplo característico del caso citado. Primero se ha representado el punto de suministro ubicado a la izquierda (conexión con una red aérea AT existente, sobre uno de sus apoyos), seguidamente se practica un entronque aéreo subterráneo para alimentar en red enterrada a dos CCTT de nueva implantación y, por último, la red continua para seguir dando servicio a las poblaciones existentes aguas abajo (salida de línea por la derecha, conexión al mismo u otro apoyo de la compañía, nuevo entronque subterráneo-aéreo).

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión



Este ejemplo se reproduciría con el programa REDAT de la siguiente forma:



Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

El nudo de la izquierda sería una *conexión a red AT* , los nudos siguientes serían *arquetas*  y *centros de transformación*  y el punto final, que representa la potencia demandada por las poblaciones aguas abajo (dato que tendría que proporcionar la compañía suministradora), se debería dibujar como un *centro de transformación* (aunque sea ficticio) para poder indicar esta potencia (kVA).

Seguindo con el módulo gráfico, decir que es posible arquear una rama, pinchándola con el ratón y desplazándola de su eje.

Por defecto, los nudos se dibujan donde el usuario hace un clic, sin importar la referencia de la imagen de fondo o de la propia red (referencia a objetos: ninguna ). Existe la **paleta de referencia a objetos** , que permite dibujar la red tomando referencias de la imagen de fondo o de la propia red. Pueden ubicarse los nudos sobre el punto final de una línea existente en el dibujo , sobre la intersección de dos líneas , sobre el punto medio de una línea , sobre una línea, en una posición dada de ella , perpendicular a una línea , o no tomar ninguna referencia  (opción por defecto). El cursor del ratón indicará en cada momento la opción adoptada.

Para diseñar en urbanización, casi más útil que paleta de referencia a objetos, es la opción **“Orto”**  *orta*, que permite dibujar las redes siguiendo siempre los ejes X e Y de un sistema tradicional de coordenadas cartesianas (recordar que las urbanizaciones se diseñan preferentemente con parcelas y calles formando ángulos rectos).

El usuario debe familiarizarse con todos los **zooms** existentes en la paleta de herramientas (paleta vertical existente a mano derecha): Zoom ventana , Zoom en tiempo real , Encuadre en tiempo real , Zoom todo , Redibuja  **R** y Zoom previo .

Es posible *Cortar*, *Copiar* y *Pegar* tramos de red (nudos y ramas seleccionados), así como hacer una *Simetría*.

El usuario puede calcular diferentes circuitos en un mismo proyecto (*Editor de Circuitos*). El circuito activo, que aparece remarcado de color azul, es sobre el que el usuario está trabajando (es posible cambiarle propiedades, calcularlo, etc). Dentro del Editor el programa permite crear, borrar y copiar circuitos. También se puede especificar si se desea que un circuito esté visible cuando no es el circuito activo, y que aparezcan sus resultados en el anexo de cálculos, medición o planos.

Los resultados que aparecen sobre el esquema de la red en planta (sección de una rama, denominación de un nudo, color y tipo de línea, etc) pueden ser configurados por el usuario dentro de *Condiciones Generales*, *Simbología Gráfica*.

Si en una línea de alta tensión el usuario no desea calcular la caída de tensión en nudos intermedios, de paso (apoyos, arquetas, etc), ni indicar la sección en cada uno de los tramos, podrá poner en estos nudos la *Función: Paso*, con lo cual los tramos (ramas) comprenderán los puntos comprendidos entre derivaciones de la red o puntos de consumo (transformadores).

La **modificación de las características de los componentes** (metal de una rama, denominación o cota de un nudo, etc) se hace actuando sobre la ventana de propiedades (lateral izquierda). El cambio se aplicará al componente o componentes **activos** (seleccionados,

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

reflejados en azul). La **selección individual** consiste en activar un único componente (nudo o rama) pinchándolo con el botón izquierdo del ratón. La **selección múltiple** consiste en activar un conjunto de nudos y/o ramas a la vez. Esta segunda opción actúa de la siguiente manera:

- Si se mantiene pulsada, con la mano izquierda, la opción *Control* del teclado del ordenador y con el ratón se van pinchando diferentes nudos y/o ramas, todos ellos pasarán a ser componentes activos.

- Si se pulsa el botón izquierdo del ratón, se mantiene pulsado y se arrastra hacia abajo y hacia la derecha se abre una ventana de captura; una vez que la ventana incluya todas los nudos y/o ramas deseados se deja de pulsar el botón izquierdo y los componentes se activarán inmediatamente.

No se debe olvidar que la selección individual o múltiple no es un método de trabajo exclusivo del módulo de alumbrado público, es una filosofía de trabajo de Windows que puede ser utilizada en todos los módulos (Red BT, Red AT, etc).

Una vez definida la red de alta tensión, el usuario puede **calcular el proyecto** pinchando los iconos de la barra de botones o desde el menú "*Calcular*".

 Cálculo del proyecto a calentamiento y caída de tensión. El programa se encarga, automáticamente, de obtener unas secciones para cada rama que sean capaces de soportar la intensidad (A) que circula por cada una de ellas y no permitir que la máxima caída de tensión (%) desde la conexión a red hasta cualquier nudo de la red, supere el valor definido en condiciones generales (normalmente 5 %).

 Cálculo, análisis y capacidad de la red para soportar las sobreintensidades - sobrecargas. Para acceder a esta opción de cálculo se debe haber introducido, por lo menos, un magnetotérmico/automático o fusibles en la rama ubicada a la salida de la conexión a red AT. Para poder calcular estas protecciones la red debe estar abierta, no mallada ni con doble alimentación.

 Cálculo, análisis y capacidad de la red para soportar las sobreintensidades - cortocircuitos. Para acceder a esta opción de cálculo se debe haber introducido, por lo menos, un magnetotérmico/automático o fusibles en la rama ubicada a la salida de la conexión a red AT. Para poder calcular estas protecciones la red debe estar abierta, no mallada ni con doble alimentación.

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

- Mediante la opción del menú "Ver" o directamente desplegando el menú flotante que se activa haciendo un clic sobre el botón derecho del ratón, en la zona de edición gráfica (Resultados de Nudos, Líneas y Cortocircuito).

- Mediante la opción del menú "Resultados" o directamente pinchando los iconos activos de la barra de botones    (Anexo de Cálculos, Medición y Esquemas en fichero DXF).

- Haciendo un zoom ventana  directamente sobre el esquema y observando minuciosamente todos los resultados obtenidos.

Ejemplo práctico resuelto

Se pretende realizar el cálculo de una red aérea y subterránea de *alta tensión* para alimentar a dos centros de transformación tipo prefabricado (envolvente de hormigón) de 400 y 630 KVA respectivamente. Al tratarse de una zona rural, supongamos que la compañía admite la alimentación en derivación, sin necesidad de doble alimentación.

La red entroncará en un apoyo de una línea eléctrica aérea de alta tensión, propiedad de la compañía suministradora (entronque aéreo-aéreo), seguirá en canalización aérea (4 vanos) hasta llegar al último apoyo, lugar donde se efectuará un entronque aéreo-subterráneo. A partir de este punto, la red se ejecutará en canalización enterrada bajo tubo hasta los dos centros de transformación existentes.

Según *directrices de la compañía suministradora*, en el apoyo donde se efectúa el entronque aéreo-aéreo se deberá colocar un seccionador-interruptor con fusibles, con el fin de proteger la red contra sobretensiones. En el apoyo donde se efectúa el entronque aéreo-subterráneo se colocarán unas autoválvulas pararrayos, con el fin de proteger la red contra sobretensiones de origen atmosférico (descarga de rayos).

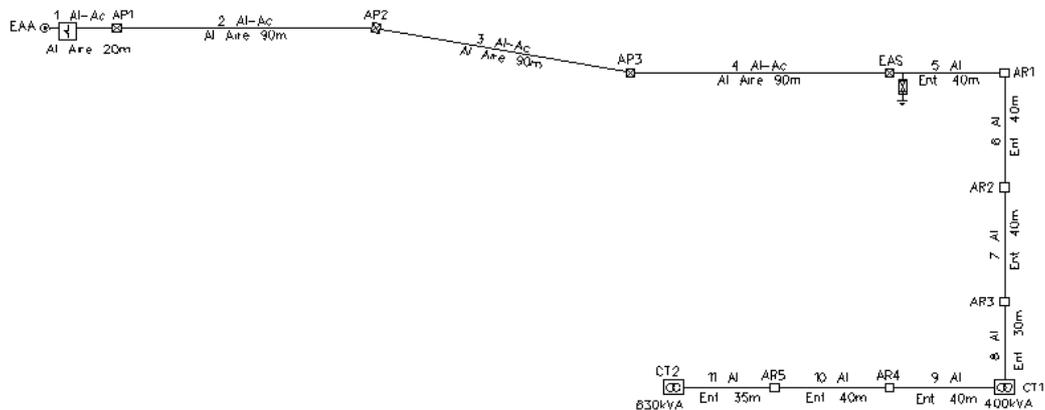
La tensión existente en la línea eléctrica de alta, sobre la que se efectuará el entronque, es de 20.000 V, según datos de la compañía suministradora.

El tramo de red aérea se ejecutará con conductores desnudos de Aluminio-Acero (secciones admitidas por la compañía: LA-56 y LA-110) y el tramo de red subterránea con conductores de Aluminio aislados con etileno-propileno (secciones admitidas por la compañía: 150 y 240 mm²).

Para la tensión de 20 kV (tensión más elevada 24 kV) y considerando la red de 2ª categoría, la tensión de aislamiento para la red subterránea podría ser de 12/20 kV. Supongamos no obstante que la compañía exige, a fin de reforzar la garantía de la calidad de servicio eléctrico, un nivel de aislamiento 18/30 kV.

Al existir menos de cuatro suministros en alta tensión, supongamos que la compañía obliga a calcular la red para una simultaneidad del 100 %.

A continuación se muestra el esquema de la red que se pretende calcular.



Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

Como ya es bien sabido, la filosofía de trabajo consiste únicamente en ir pinchando nudos con el botón izquierdo del ratón (hacer un clic) sobre la paleta de tipos de componentes y, tras definir todos los valores de nudos y ramas en la ventana de propiedades, ir insertándolos (dibujándolos) en la zona de edición gráfica en el lugar deseado o prefijado por el usuario (basta hacer un segundo clic con el botón izquierdo del ratón).

Antes de introducir la red se deberá acceder a las *condiciones generales* (menú Proyecto) y verificar que todas las hipótesis de partida son las idóneas. La tensión de la red será de 20.000 V, la caída de tensión máxima del 5 %, el coeficiente de simultaneidad 1 y las secciones de trabajo por defecto según compañía (para los conductores aislados de Al sólo se admite 150 y 240 mm² y para los conductores desnudos de Al-Ac 54,6 y 116,2 mm²).

Para comenzar a introducir (dibujar) la red, debe observarse que ésta parte de una *Conexión a Red AT* (entronque aéreo-aéreo), por lo tanto, bastará hacer un clic con el botón izquierdo del ratón sobre dicho icono  (1º de la paleta de componentes) y mover el ratón hasta la zona de edición gráfica. Antes de hacer un segundo clic en el lugar deseado, se puede acceder directamente a la ventana de propiedades (datos y parámetros) y definir en la opción NUDO la Denominación: *EAA* (entronque aéreo-aéreo), con el fin de quedar identificado sobre el esquema. Seguidamente se hará un clic, en la zona de edición gráfica, en la parte izquierda, pues la red crece hacia la derecha. Al realizar esta operación dicho componente quedará dibujado.

El siguiente nudo es un *Apoyo AT*, por lo tanto deberá seleccionarse de la paleta de componentes .

Interesante resulta observar, que el movimiento del ratón por la zona de edición gráfica altera los valores de longitud y ángulo de la rama en la ventana de propiedades, proporcionando en cada instante la posición precisa del cursor (coordenadas polares). Observando el esquema a seguir, se debe posicionar el ratón sobre la zona de edición gráfica de forma que la longitud de la rama coincida con 20 m y el ángulo con 0°. Si esta operación resulta difícil con el solo movimiento del cursor, se recomienda *Fijar: SI* en la opción *Longitud del Tramo* y definir 20 m, así como elegir el modo de trabajo *Orto* , que permite dibujar siguiendo los ejes X e Y de un sistema de coordenadas cartesianas. A continuación se define dicho nudo como AP1 (apoyo 1). Para detallar las características de la rama de unión entre el nudo anterior (EAA) y el que vamos a situar ahora (AP1) se debe actuar sobre la opción RAMA de la ventana de propiedades, indicando Metal: *Al-Ac* y Canalización/Aislamiento/Tensión Aislamiento: *Aérea tens., Desnudos y Unipolares*. Una vez especificadas las características del siguiente nudo y rama de unión, ya se puede hacer un clic (con el botón izquierdo del ratón) en la zona de edición gráfica, cuando el cursor del ratón apunte en la dirección del eje X + (horizontal hacia la derecha).

Para dibujar el segundo vano de la red se denominará el siguiente nudo como *AP2* (apoyo 2), *Longitud del Tramo: 90 m* y se hará un clic en la dirección del eje X + de nuevo.

Para dibujar el tercer vano de la red se denominará el siguiente nudo como *AP3* (apoyo 3), se indicará *Fijar: SI* en la opción *Angulo del Tramo* y se escribirá un valor de *350 °* y, por último, se hará un clic en la zona de edición gráfica (en cualquier lugar, pues las coordenadas están forzadas). Como la longitud del tramo coincide con la del vano anterior (90 m), no es necesaria su modificación.

Como el resto de red sigue los ejes X e Y de un sistema de coordenadas cartesianas, se indicará *Fijar: NO* en la opción *Angulo del Tramo* y quedará de nuevo activo el modo *Orto*.

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

En este momento, podemos introducir el quinto nudo y cuarta rama (cuarto vano), denominando el nudo como *EAS* (entronque aéreo-subterráneo) y haciendo un clic sobre el botón izquierdo del ratón cuando el cursor apunte en la dirección horizontal derecha (eje X +).

A partir de este punto se produce el paso de la red a canalización subterránea, por lo tanto se deberá acceder a la ventana de propiedades, seleccionar el Metal: *Al* y la Canalización/Aislamiento/Tensión Aislamiento: *Enterrados bajo tubo, Etileno Propileno (EPR), 18/30 kV, Unipolares* (se acepta para validar). Además, como el siguiente nudo es una *Arqueta*, se deberá acceder a la paleta de componentes y seleccionar dicho icono . A continuación se denominará el nudo como *AR1* (arqueta 1), se fijará la *Longitud* de la rama en *40 m* (separación máxima entre arquetas en líneas subterráneas de alta tensión) y se hará un clic según la dirección horizontal derecha (X +).

El siguiente nudo se denominará como *AR2* (arqueta 2) y se hará un clic apuntando en la dirección vertical hacia abajo (Y -). El nudo que viene a continuación se denominará como *AR3* y se hará otro clic en la misma dirección.

A continuación se encuentra el primer centro de transformación, por lo tanto se seleccionará dicho icono de la paleta de componentes , se denominará como *CT1*, Carga Nudo: *400 kVA*, *Longitud* rama: *30 m*, y se hará un clic en la misma dirección.

Para introducir las dos arquetas siguientes, se elegirá el icono característico de la paleta de componentes , se volverá a fijar la *Longitud* de rama en *40 m*, se denominarán los nudos como *AR4* y *AR5* respectivamente y se harán dos clic en la dirección horizontal izquierda (X -).

Para dibujar el último centro de transformación se seleccionará dicho icono de la paleta de componentes , se denominará como *CT2*, Carga Nudo: *630 kVA*, se fijará la *Longitud* de rama en *35 m*, y se hará un clic en la misma dirección indicada anteriormente.

Una vez acabada la introducción gráfica del proyecto se pasa al modo usual de trabajo, modo *Selección* . Se puede hacer un *zoom ventana*  si se quiere observar la red con más detalle y un *zoom todo*  para visualizar la red a tamaño máximo.

Para situar la protección térmica en la Rama 1 se deberá seleccionar ésta sobre el dibujo en planta (quedará de color azul), y en la ventana de propiedades, opción *Protección Sobreintensidades*, se escogerá la opción *Seccionador-Interruptor con Fusibles*.

Para situar la protección contra sobretensiones transitorias en la Rama 5 se deberá seleccionar ésta sobre el dibujo en planta (quedará de color azul), y en la ventana de propiedades, opción *Autoválvulas Pararrayos*, se escogerá la opción *SI*.

En este momento se puede calcular el proyecto a calentamiento y caída de tensión con solo pinchar el icono de la barra de botones . Si no se ha dejado ningún valor o se ha cometido algún error, en la ventana de mensajes saldrá *Proyecto calculado*. Se puede cerrar esta ventana para ver mejor toda la red.

Una vez calculado el proyecto a calentamiento y caída de tensión, se procederá al cálculo, análisis y capacidad de la línea para soportar las sobrecargas; para ello bastará pinchar el icono de la barra de botones . Al elegir esta opción, el programa presentará dos opciones:

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

1ª) Posibilidad de comprobar todas las secciones de la red (las obtenidas a calentamiento y caída de tensión) con las protecciones que existen actualmente y elevantar las que no queden protegidas térmicamente. Si todas quedasen protegidas contra sobrecargas con las protecciones definidas, es evidente que no necesitaría elevarlas y las mantendría en su estado actual.

2ª) Posibilidad de comprobar las secciones de la red con las protecciones que existen actualmente e informar de las que no quedan protegidas térmicamente. Si en esta modalidad se advierte de secciones no protegidas, se volverá a calcular a sobrecargas indicando *Elevar Secciones*, o se situarán protecciones térmicas en las reducciones de sección que las necesiten.

Por último se procederá al cálculo de la red a cortocircuito, con sólo pinchar el icono activa en la barra de botones . Los datos solicitados en la ventana de c.c. deberán ser proporcionados por la compañía suministradora.

Mediante la opción del menú *Ver* o accediendo al menú flotante que se activa pulsando el botón derecho del ratón sobre la zona de edición gráfica, se puede llamar a la *ventana de resultados de nudos, líneas y cortocircuito*. Pinchando los nudos en la red o en la ventana de resultados se harán coincidir, mostrándose reseñados en azul y con fondo negro. Si la ventana de resultados oculta el esquema de la red, pinchándola sobre la franja azul horizontal superior y arrastrándola se puede desplazar de lugar.

Resulta conveniente ir salvando el proyecto a disco de vez en cuando, para ello basta pinchar el icono activo en la barra de botones .

Mediante las opciones del menú *Resultados* o directamente pinchando los iconos de la barra de botones    se puede acceder al Anexo de Cálculos, Medición del proyecto y obtener los Planos en fichero DXF para leer desde un CAD.

Observando los resultados de las ramas se puede apreciar que la red enterrada es de 150 mm², siendo por tanto válida la menor de las permitidas por la compañía. El usuario podrá comprobar que la red aérea aparece calculada en dos conductores por fase de conductor LA-110 (116,2 mm²). Esto es debido a que el programa aplica una regla interna en todos los programas que no permite, en modo diseño, secciones menores aguas arriba que aguas abajo. No obstante, las líneas de alta tensión son prácticamente la única excepción a esta regla, pues suele haber un tramo aéreo de menor sección que un tramo subterráneo posterior. Esto se soluciona fácilmente, bastaría ir al menú *Proyecto*, seleccionar el *Modo de Cálculo: Comprobación partiendo de secciones dadas*, *Aceptar* y a continuación seleccionar los cuatro vanos de la línea aérea y en la ventana de propiedades indicar en *Sección Fijada: 54,6 mm²* (LA-56), por ejemplo, y *Nº de conductores por fase: 1*. Al realizar cambios se deberá calcular el proyecto de nuevo, actualizándose todos los resultados automáticamente.

Manipulación o edición gráfica

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 una red determinada, realizar cambios sobre su aspecto e incluso eliminar los innecesarios.

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 nudo, debemos seleccionar de la paleta de componentes el tipo que deseemos introducir; una vez seleccionado (pulsando encima con el botón izquierdo del ratón), vemos que el cursor del ratón cambia de aspecto (de una cruz a una cruz con un cuadrado dentro). En este punto basta pinchar en la zona de la planta donde queremos que se introduzca y quedará dibujado.

Por regla general se empezará introduciendo un nudo de alimentación (conexión a red, cuadro de mando, centro de transformación, subestación, etc); vemos como el primer nudo aparece independiente, no enlaza con nada, mientras que en el resto de los nudos aparece una línea discontinua que parte del último nudo introducido o seleccionado, esa es la rama o línea que los une, como un tramo de circuito eléctrico, etc. Después del nudo de alimentación podemos ir eligiendo nudos que nos permitan definir consumos, pasos o derivaciones y así configurar la red. Cada vez que el usuario hace un clic en pantalla, el programa le dibujará el nudo y rama que tenga seleccionados (hundidos) en la paleta de componentes.

Podemos observar en la zona izquierda de la aplicación (ventana de propiedades), además de los datos y parámetros de los componentes (líneas y nudos), la longitud y el ángulo que tendrán las líneas de unión de nudos, pudiendo forzar (fijar) estos valores a las condiciones determinadas de la red.

En las Condiciones Generales del proyecto, además de seleccionar todas las hipótesis para el cálculo, el usuario puede definir la leyenda que desea que aparezca en todos los nudos y ramas de la red (opción *Simbología Gráfica*).

Además disponemos de herramientas que nos permitirán agrandar zonas del dibujo, ajustar el dibujo a la ventana de trabajo, mover partes del dibujo, etc.

Para tener una visión general de la planta del edificio y no perder la referencia de la zona en la que se está trabajando es muy útil tener abierta la **Vista Global**, disponible en el menú *Ver*.

Es importante tener en cuenta que para hacer una modificación de un elemento (nudo o rama) ya introducido en la red, éste debe estar seleccionado (azul); para seleccionarlo basta pinchar sobre él estando en modo *Selección*. Podemos también hacer una selección múltiple de varios elementos a la vez (filosofía de windows).

Una vez seleccionado un nudo o rama (marcados en azul), es posible mover su texto asociado, simplemente pinchando sobre dicho texto con el botón izquierdo, desplazando el ratón y soltando al llegar al lugar adecuado.

También es posible arquear una rama, simplemente seleccionándola (marcada en azul), pinchando sobre ella con el botón izquierdo, desplazando el ratón y soltando al llegar al lugar deseado.

Con la ventana de mensajes, de resultados de nudos o resultados de líneas abierta y haciendo un clic sobre uno de los renglones de dichas ventanas, el nudo o rama dibujado en planta se pondrá de color azul. De esta manera se podrá relacionar un resultado de una ventana con el nudo o rama que le corresponda (además, los identificadores o denominación también coincidirán). Si en lugar de hacer un clic sobre la ventana se hiciese un **doble clic, el programa localizará automáticamente el nudo o rama seleccionado** (hace un zoom adecuado al lugar donde esté situado). Esta opción será muy útil para detectar errores, pues haciendo doble clic sobre un mensaje de error (ventana de mensajes que aparece al calcular el proyecto) el programa localizará de forma inmediata el nudo o rama erróneo.

Si el usuario desea cambiar propiedades (material, etc) de un gran número de nudos y/o ramas, en una sola operación, puede utilizar la *selección múltiple*. Consiste en pulsar el botón izquierdo del ratón, mantenerlo pulsado y arrastrarlo hacia abajo y hacia la derecha, abriéndose una ventana de captura que englobe parte o toda la red (según el desplazamiento del ratón). Una vez que la ventana esté adecuada a las necesidades del usuario, se deja de pulsar el botón izquierdo y se activarán los diferentes nudos y/o ramas; en ese momento se puede actuar sobre la ventana de propiedades (lateral izquierda) y cambiar las características deseadas.

Si el usuario tiene dibujada una instalación y se le ha olvidado ubicar un nudo de derivación en mitad de una rama (por ejemplo, para poder derivar hacia otro lugar), deberá activar uno de los dos nudos contiguos a dicha rama (pinchándolo con la flecha de selección), escoger el tipo de nudo deseado de la paleta de componentes, seleccionar la opción *cercano* sobre la paleta de referencia a objetos (verificar que ha quedado desactivada la opción *ninguno*), anular la opción *Orto* si la tenía elegida (pues ésta siempre predomina sobre la paleta de referencia a objetos) y pinchar sobre la rama, en el lugar deseado por el usuario. De esta manera, el nudo quedará dibujado y la rama dividida en dos.

Para cortar o copiar un nudo, una rama o un conjunto de ellos, primero se han de seleccionar sobre el dibujo (quedarán de color azul), posteriormente se ejecutará la opción *Cortar* o *Copiar* el menú *Edición* y por último se seleccionará un nudo de referencia de la red. Para pegar el nudo, rama o conjunto de ellos en una zona del dibujo, se seleccionará la opción *Pegar* del menú *Edición* y se hará un clic en el lugar establecido (donde el usuario haga el clic, el programa le ubicará el nudo que había servido de referencia a la hora de cortar o copiar).

Para hacer una simetría de un conjunto de nudos y ramas, primero se han de seleccionar sobre el dibujo (quedarán de color azul), seguidamente se pulsará la opción *Simetría*  de la paleta de herramientas, se definirá el eje de simetría y se hará un clic cuando la imagen copiada adopte la posición deseada (giro de 360°). Si está seleccionado el modo *Orto*, el giro se hará de 90° en 90° (ejes X,Y).

Si en una red el usuario no desea calcular la caída de tensión en nudos intermedios, de paso (apoyos, arquetas, etc), ni indicar la sección en cada uno de los tramos (tanto en planta como en el anexo), podrá poner en estos nudos la *Función: Paso*, con lo cual los tramos (ramas) comprenderán los puntos comprendidos entre derivaciones de la red o puntos de consumo. Todas las ramas unidas por nudos de paso deberán tener las mismas propiedades (metal, sistema de canalización, etc).

Manipulación o edición gráfica

Para modificar la longitud o el ángulo de una rama el usuario puede trabajar en modo *Inserción* o *Sobrescritura*. Se pasa de un modo a otro pinchando la tecla *Insert* del teclado del ordenador y se visualiza la opción seleccionada en la parte inferior derecha del programa *Sobrescritura*. En el modo *Sobrescritura* si se cambia la longitud de una rama también se verá afectada la rama adyacente, acortándose o alargándose esta última para que la longitud total de la línea no varíe. Un cambio de ángulo afecta a la rama seleccionada e implica también una modificación en la rama adyacente, no sufriendo variación alguna el resto de red. Un cambio de longitud en modo *Inserción* sólo afecta a la rama seleccionada, manteniéndose intacta la longitud del resto de ramas (por lo tanto, la longitud total de la línea se verá afectada en la misma proporción que la rama seleccionada). Si se cambia el ángulo de una rama en modo *Inserción* la variación afectará a la rama seleccionada, pero se propagará al resto de red aguas abajo (se rota toda la red en la misma proporción).

El nudo de color verde es el de mayor caída de tensión de toda la red, que cumple con el valor impuesto en condiciones generales. En modo *comprobación*, los nudos de color rojo indican que se ha superado la caída de tensión máxima establecida en condiciones generales (no admisible) y las ramas de color rojo indican que la sección no soporta el paso de corriente (no admisible).

El programa es capaz de realizar dos copias de seguridad del proyecto en elaboración, una copia temporal (*.TMP) y una copia del último proyecto salvado (*.BAK). Si el usuario ha tenido algún problema a la hora de salvar (fallo de suministro eléctrico, etc) y quiere recuperar alguna copia de seguridad realizada por el programa, deberá renombrar la extensión del fichero de seguridad (*.TMP o *.BAK) a *.IUR, que es la extensión propia de los proyectos que es capaz de leer el programa. Las copias de seguridad se archivan en el directorio "Proyectos Urbanización".

Modificación de propiedades de componentes

Modificación de propiedades de componentes

La **modificación de las características de los componentes** (material de un circuito, denominación o cota de un nudo, etc) se hace actuando sobre la ventana de propiedades (lateral izquierda). El cambio se aplicará al componente o componentes **activos** (seleccionados, reflejados en azul). La **selección individual** consiste en activar un único componente (nudo o rama) pinchándolo con el botón izquierdo del ratón. La **selección múltiple** consiste en activar un conjunto de nudos y/o ramas a la vez. Esta segunda opción actúa de la siguiente manera:

- Si se mantiene pulsada, con la mano izquierda, la opción *Control* del teclado del ordenador y con el ratón se van pinchando diferentes nudos y/o ramas, todos ellos pasarán a ser componentes activos.

- Si se pulsa el botón izquierdo del ratón, se mantiene pulsado y se arrastra hacia abajo y hacia la derecha se abre una ventana de captura; una vez que la ventana incluya todas los nudos y/o ramas deseados se deja de pulsar el botón izquierdo y los componentes se activarán inmediatamente.

No se debe olvidar que la selección individual o múltiple no es un método de trabajo exclusivo del módulo de protección contra incendios, es una filosofía de trabajo de Windows que puede ser utilizada en todos los módulos (alumbrado público, red BT, etc).

Manejo de errores del proyecto

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 en 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 error o advertencia ocupa un renglón en la lista de mensajes, conteniendo éste información lo suficientemente descriptiva para poder localizar el problema. Al pinchar con el ratón sobre el renglón indicativo de un error o advertencia, automáticamente se activará el nudo o rama (en la planta del dibujo) donde se haya producido dicho defecto. Este sistema nos permite acceder a datos incorrectos de componentes (nudos y ramas) y poder modificarlos de forma rápida y fácil. Si en lugar de hacer un clic sobre la ventana de mensajes se hiciese un **doble clic**, **el programa localizará automáticamente el nudo o rama seleccionado** (hace un zoom adecuado al lugar donde esté situado).

Editor de Circuitos

Editor de Circuitos

Esta opción permite al usuario calcular diferentes circuitos en un mismo proyecto. El circuito *activo*, que aparece remarcado de color azul, es sobre el que el usuario está trabajando (es posible cambiarle propiedades, calcularlo, etc).



Dentro del Editor el programa permite:

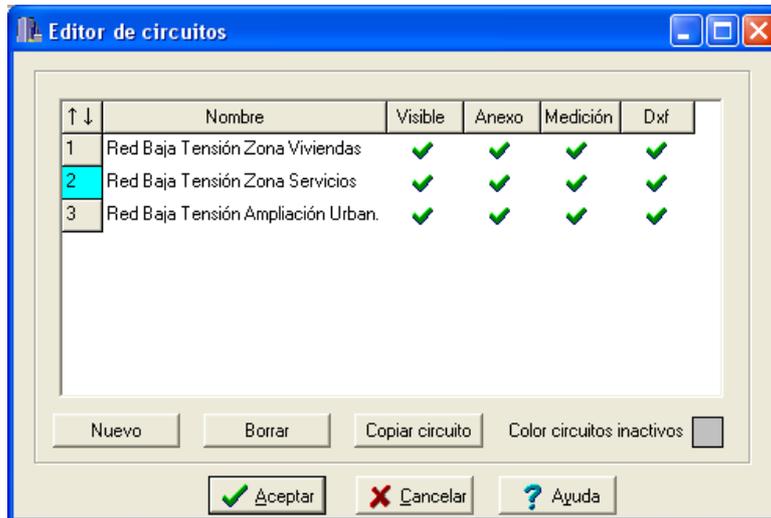
- Nuevo. Para crear nuevos circuitos eléctricos. Cada circuito saldrá dibujado en una capa diferente sobre el plano de planta. También aparecerán sus resultados diferenciados del resto en el anexo de cálculos del proyecto y en el fichero DXF que incluye todos los planos.
- Borrar. Para anular toda la información de un circuito ya existente (dibujo en planta, etc).
- Copiar circuito. Para hacer una réplica exacta (dibujo en planta, propiedades, etc) del circuito que esté activo (marcado) dentro del Editor. El programa solicita el nombre del nuevo circuito, para poder diferenciarlo del original.

Las características asociadas a cada circuito son:

- Visible. El circuito activo, sobre el que se está trabajando (para calcularlo, cambiarle propiedades, etc), siempre aparecerá visible en el plano de planta (independientemente de la activación o no de esta celda). No obstante, cuando un circuito no es el activo, puede estar o no visible, según deseo del usuario. En este último caso es cuando actuará la opción Visible o No Visible . Esta funcionalidad es interesante cuando el usuario está dibujando un circuito nuevo y desea tener visible el dibujo de cualquier otro (para observar el trazado, ubicación de arquetas comunes, etc).
- Anexo. Esta opción permite al usuario que los resultados del circuito aparezcan o no en el Anexo de Cálculos del proyecto. Si se hacen varias hipótesis de cálculo de un mismo circuito (contempladas como circuitos diferentes dentro del editor) puede ser que al usuario no le interese que algunas de ellas aparezcan en el anexo de cálculos, siendo por tanto de aplicación la funcionalidad indicada ().
- Medición. Esta opción permite al usuario que los resultados del circuito aparezcan o no en la Medición del proyecto. Si se hacen varias hipótesis de cálculo de un mismo circuito (contempladas como circuitos diferentes dentro del editor) puede ser que al usuario no le interese que algunas de ellas aparezcan en la medición, siendo por tanto de aplicación la funcionalidad indicada ().

- DXF. Esta opción permite al usuario que los resultados del circuito aparezcan  o no  en los planos del proyecto (fichero DXF). Si se hacen varias hipótesis de cálculo de un mismo circuito (contempladas como circuitos diferentes dentro del editor) puede ser que al usuario no le interese que algunas de ellas aparezcan en los planos, siendo por tanto de aplicación la funcionalidad indicada ().

- Color circuitos inactivos. Según lo comentado en la opción *Visible*, cuando un circuito no es el activo puede que esté visible o no. Cuando un circuito, estando visible  dentro del editor, no sea el activo (sobre el que se está trabajando) aparecerá del color seleccionado en la celda, para poder diferenciarlo del que realmente es el activo. Cuando un circuito sea el activo, el color y tipo de línea serán los especificados en las Condiciones Generales de ese circuito.



Ventana de Propiedades

- **Redes Alumbrado Público, Redes BT, Redes AT**

Redes de Alumbrado Público, Redes de BT, Redes de AT

Esta ventana sirve para **definir** los datos y parámetros de los componentes gráficos (nudos y ramas) a la hora de su introducción en la zona de edición gráfica. También se utiliza para **modificar** los datos y parámetros de nudos y ramas (componentes) ya introducidos en la red, con sólo activar un nudo o rama o un conjunto de ellos (quedan reflejados en azul al ser pinchados con el ratón) y asignando los nuevos valores.

Las *propiedades* son características utilizadas para dibujar todos los componentes gráficos (denominación, factor escala, longitud, etc) y valores utilizados en el cálculo del proyecto (metal de un conductor, canalización de un circuito eléctrico, etc).

NUDO

Tipo

Esta opción se utiliza para *modificar uno o varios nudos* que ya han sido introducidos en la zona de edición gráfica.

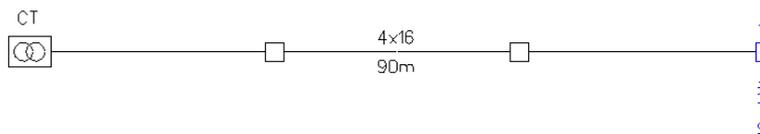
Para ello, basta seleccionar el nudo o nudos pinchándolos con el botón izquierdo del ratón (quedan marcados en azul) y a continuación desplegar esta opción (tipo) para elegir la nueva representación gráfica deseada.

Función

- Derivación. En este caso las ramas adyacentes a este nudo serán tratadas de forma independiente en el cálculo, apareciendo cada una con su sección en el plano, en el anexo, etc. En este nudo aparecerán todas sus características eléctricas (caída de tensión, etc). En el siguiente ejemplo los nudos 1 y 2 son considerados como *derivación*.



- Paso. En este caso las ramas adyacentes a este nudo serán tratadas de forma conjunta en el cálculo (considerando la longitud total, suma de todos los tramos), apareciendo sólo una sección en el plano, en el anexo, etc, común para todas ellas. En este nudo no aparecerán características eléctricas (caída de tensión, etc). Un nudo que tenga un consumo o del que salgan más de dos ramas ya no podrá ser de paso. Este tipo de nudo permite al usuario dibujar una misma rama a base de varios tramos, por cambios de dirección, por registros, etc. En este ejemplo, los nudos 1 y 2 del caso anterior han sido considerados como *paso*.



Para que un nudo sea de paso las ramas adyacentes deben tener las mismas propiedades (metal del conductor, canalización del circuito, etc). Si fuesen diferentes, el programa las unifica automáticamente.

Ventana de Propiedades

<input type="checkbox"/> NUDO	
Tipo	Arqueta
Función	Derivación
Denominación	2
Cota sobre plata(m)	0
Angulo(*)	119.2
<input type="checkbox"/> F. Escala	
Ocultar Texto	No
Carga 1 Nudo	0
Carga 2 Nudo	0
Unidad Cargas	kW
Rotar Carga	
<input type="checkbox"/> RAMA	
Denominación	1
<input type="checkbox"/> Tramo	
<input type="checkbox"/> Longitud(m)	83.89
Fijar	No
<input type="checkbox"/> Angulo(*)	299.2
Fijar	No
Texto	1
Ocultar Texto	No
Suministro	Trifásico - 400
Metal	Al
Neutro	S#2
Sección min. neutro	0
Reactancia	No
Sección min.(mm)	1.5
Canal./Aislam./Polar.	
	Enterrados Bajo Tubo (F
	XLPE,0.6/1 kV, Fc:0.8
	Tres Unipolares
Protección	
	Térmica: No
	Diferencial: No
	Sobretensiones: No

Denominación

Este campo se utiliza para definir el *nombre* asociado al nudo en el plano de planta de la instalación y en el anexo de cálculo.

Si no se accede a dicha opción, el programa asigna una numeración sucesiva por defecto (contador automático).

Esta denominación identifica al nudo en la ventana de resultados, en el dibujo de la instalación, en el anexo de cálculos, etc.

Cota sobre planta

Es la cota del nudo sobre la línea o punto de referencia de la urbanización.

Angulo

Esta opción permite girar el nudo o nudos seleccionados. Para ello basta indicar el ángulo de rotación deseado (0° - 360°).

Factor escala

El factor de escala de **símbolos** se aplica al dibujo de los nudos en planta. El factor de escala de **textos** se aplica al nombre asociado a los nudos en planta. Un factor de escala mayor de 1 hace que el tamaño aumente y un factor de escala menor de 1 hace que el tamaño disminuya.

Esta opción se aplica a los símbolos y textos de todos los nudos seleccionados (reflejados en azul). Además de este factor de escala particular, existe un factor de escala general (para todos los símbolos y textos de los nudos del proyecto) en la ventana de condiciones generales. Por lo tanto, un nudo y su texto asociado se dibujarán multiplicando los dos factores de escala, el general y el particular.

Ocultar texto

Esta opción permite *ocultar* (Ocultar texto: Si) o *visualizar* (Ocultar texto: No) el texto asociado a un nudo (denominación). Se suele utilizar cuando existan solapes en el dibujo en planta, etc.

Carga Nudo

Es la *potencia* demandada por un abonado conectado a la red eléctrica y para la cual se prevé su acometida. La unidad puede ser A, W, kW o CV. En baja tensión se pueden definir hasta consumos en el mismo punto. Las flechas que indican este consumo pueden rotarse según 4 direcciones (0°, 90°, 180° y 270°).

En alta tensión representa la potencia del centro de transformación conectado a la red eléctrica. La unidad puede ser A o kVA.

RAMA

Denominación

Este campo se utiliza para definir el *nombre* asociado a la rama en el plano de planta de la instalación y en el anexo de cálculo.

Si no se accede a dicha opción, el programa asigna una numeración sucesiva por defecto (contador automático).

Tramo

En la fase de dibujo de la red se van introduciendo nudos (arqueta, apoyo, luminaria, etc) y ramas que los enlazan. Una vez seleccionado un nudo en la paleta de componentes, y antes de su inserción en la zona de edición gráfica, el movimiento del ratón sobre la planta de la urbanización proporciona la **longitud** y el **ángulo** en la ventana de propiedades. Al trabajar con una imagen de fondo (DWG o DXF) a escala 1:1, una unidad de dibujo representa 1 metro en la realidad, con solo ubicar los nudos en los lugares deseados por el usuario, quedará establecida la longitud y ángulo de la rama de forma automática. Otra posibilidad que permite la aplicación es **fijar la longitud y el ángulo** de la rama (coordenadas polares) en la ventana de propiedades, escribiendo el valor deseado por el usuario, y automáticamente quedará establecida la posición del nudo sobre la zona de edición gráfica.

Un ángulo de 0° corresponde al eje X+, un ángulo de 90° al eje Y+, un ángulo de 180° al eje X- y un ángulo de 270° al eje Y- (sentido contrario a las agujas del reloj).

Factor escala

El factor de escala de **textos** se aplica al nombre asociado a las ramas en planta. Un factor de escala mayor de 1 hace que el tamaño aumente y un factor de escala menor de 1 hace que el tamaño disminuya.

Esta opción se aplica a los textos de todas las ramas seleccionadas (reflejadas en azul). Además de este factor de escala particular, existe un factor de escala general (para todos los textos de las ramas del proyecto) en la ventana de condiciones generales. Por lo tanto, el texto asociado a una rama se dibujará multiplicando los dos factores de escala, el general y el particular.

Ocultar texto

Esta opción permite *ocultar* (Ocultar texto: Si) o *visualizar* (Ocultar texto: No) el texto asociado a una rama (denominación). Se suele utilizar cuando existan solapes en el dibujo en planta, etc.

Suministro

Esta opción permite definir el suministro con que se pretende calcular la rama a introducir en la zona de edición gráfica.

Ventana de Propiedades

Una vez elegido el suministro queda prefijada la tensión, pues esta posee un valor constante definido, en las Condiciones Generales, para todo el proyecto.

En su mayoría, las redes de distribución se suelen ejecutar trifásicas, con el fin de reducir las caídas de tensión e intensidades y con ello obtener un menor volumen de conductor.

Metal

Esta opción permite seleccionar el metal de los conductores a emplear (Cu, Al, aleación de aluminio y acero – cables desnudos Al-Ac- o conductor con las fases de aluminio y el neutro de cobre -Al/Cu-).

Como norma general, en redes de distribución de energía eléctrica se emplea el aluminio, pues aunque es menos conductor, resulta más económico. En alumbrado público se suele trabajar con cobre.

Las líneas aéreas con conductores desnudos son de Al-Ac.

Neutro

El conductor neutro resulta de unir puntos homólogos de las fases, conectadas en estrella, en el "secundario" del transformador, lo cual da la posibilidad de transportar siempre dos tensiones, "tensión de fase" y "tensión compuesta", según se obtenga la diferencia de potencial entre fase-neutro o entre fase-fase, siendo además, la relación entre ambas $\sqrt{3}$.

De esta manera cuando el suministro es Monofásico, es obligado transportar el conductor neutro (siempre y cuando dicho circuito provenga de una línea de distribución a 4 hilos 3F+N, Trifásico 400V/Monofásico 230 V), con el fin de obtener la tensión simple "fase-neutro" (normalmente 230 V); así lo interpreta, por defecto, el programa.

Para un suministro Trifásico 230 V/Monofásico 230 V no es necesario ni existe el conductor neutro, pues existe la posibilidad de tener suministro monofásico 230 V "fase-fase" y suministro trifásico 230 V para receptores con necesidad de alimentación trifásica. Sin embargo, en un suministro Trifásico 400 V (sistema más usual), cuando la línea en cuestión necesite abastecer aguas abajo receptores monofásicos, es necesario transportar el conductor neutro, pues entre "fase-neutro" se obtienen 230 V para la alimentación a dichos receptores.

Dada la problemática ocasionada por las lámparas de descarga y el equipo auxiliar asociado en lo referente a los armónicos e intensidades en el neutro, se recomienda que en redes de alumbrado público el neutro tenga la misma sección que las fases (Neutro: Sf).

En redes de distribución de baja tensión (ITC-BT 06 y 07) el neutro suele ser la mitad de la sección de fase aproximadamente (Neutro: Sf/2).

Reactancia

Es bien sabido que una línea eléctrica o conductor se representa por una resistencia y una reactancia en serie, por lo tanto ambas influyen en la caída de tensión que se produce en una línea, limitando la capacidad de transporte de energía útil o aprovechable. Esta consideración se aprecia en las fórmulas primitivas de la caída de tensión:

Sistema monofásico: $e = 2 I (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$

Sistema trifásico: $e = \sqrt{3} I (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$

e: Caída de tensión en una línea
 I: Intensidad que pasa por dicha línea
 R: Resistencia conductor = $L / K S$
 X: Reactancia conductor = ωL
 $\cos \varphi$: Factor de potencia

El valor de la Reactancia suele ser de 0,10 m Ω /m en conductores aislados de BT, de 0,15 m Ω /m en conductores aislados de AT y 0,33 m Ω /m en conductores desnudos.

En cualquier caso, el programa da la posibilidad de definir un valor para el caso que sea conocida, según datos del fabricante del conductor aislado o separación de circuitos en líneas aéreas con conductores desnudos.

Sección mínima

En modo de cálculo "diseño" (condiciones generales) esta opción permite definir la **sección mínima de partida** de cara al cálculo. No es una sección fijada, sólo es un mínimo del cual no deseamos bajar. Unas veces será suficiente ese valor mínimo, pero otras será necesario subirlo en el cálculo automático (por problemas de intensidad admisible, protección a sobrecargas o c.c., caída de tensión, etc).

En modo de cálculo "comprobación" (condiciones generales) esta opción permite **fijar la sección y el nº de conductores por fase** de cara al cálculo. El cálculo se realizará exclusivamente con las secciones fijadas por el usuario, pero los nudos que superan la caída de tensión máxima y las ramas que no soporten el paso de corriente se reflejarán de color rojo en planta y con doble signo de admiración en el anexo.

Aislamiento, Canalización y Polaridad

Esta opción permite definir las características del circuito eléctrico en estudio, en cuanto a aislamiento del conductor, sistema de canalización empleado y polaridad de los cables.

Canalización

En BT, existen tres sistemas generales de distribución de la energía eléctrica:

- *Redes aéreas para distribución en baja tensión*, según ITC BT 06. Posibilidad de utilizar cables trenzados en haz con neutro fiador de almelec, cables trenzados en haz con un fiador de acero, cables trenzados posados sobre paredes (normalmente fachadas, etc) y cables desnudos.

- *Redes subterráneas para distribución en baja tensión*, según ITC BT 07 y norma UNE 211435:2007. Posibilidad de utilizar cables directamente enterrados, enterrados bajo tubo o al aire (galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales revisables).

- *Instalaciones interiores para edificios de cualquier uso, locales e industrias*, según ITC BT 19 y norma UNE 20.460-5-523. Posibilidad de utilizar cables bajo tubo, empotrados directamente en las paredes, en molduras, en marcos de puertas o ventanas, en canaletas o conductos de obra, en huecos de obra, en falsos techos, en suelos, en zócalos, sobre pared, sobre techo, en bandeja continua o perforada, sobre soportes, sobre aisladores, etc.

Ventana de Propiedades

Los sistemas de canalización en AT son:

- *Redes subterráneas directamente enterradas*, según ITC-LAT 06. Posibilidad de trabajar con diferentes aislamientos (XLPE, HEPR, etc) y niveles de aislamiento (12/20 kV, 18/30 kV, etc).
- *Redes subterráneas enterradas bajo tubo*, según ITC-LAT 06. Posibilidad de trabajar con diferentes aislamientos (XLPE, HEPR, etc) y niveles de aislamiento (12/20 kV, 18/30 kV, etc).
- *Redes al aire con cables aislados*, dispuestos sobre galerías, atarjeas, bandejas, etc (ITC-LAT 06). Posibilidad de trabajar con diferentes aislamientos (XLPE, HEPR, etc) y niveles de aislamiento (12/20 kV, 18/30 kV, etc).
- *Líneas Aéreas con cables unipolares aislados reunidos en haz*, según ITC-LAT 08. En este caso, sólo existen cables aislados con XLPE o EPR y tensiones de aislamiento hasta 18/30 kV.
- *Líneas Aéreas con conductores recubiertos*, según ITC-LAT 08. En este caso, sólo existen recubrimientos de XLPE y tensiones asignadas hasta 30 kV. Esta opción sólo estará activa si se ha seleccionado previamente algunos de estos dos metales: Al-Ac o Al-Mg-Si.
- *Líneas Aéreas con conductores desnudos*, según ITC-LAT 07.

Aislamiento

- Baja Tensión.

Material aislante que forma parte de un cable eléctrico y cuya función específica es soportar la tensión. Los materiales empleados como aislamiento de conductores son el PVC (policloruro de vinilo), XLPE (polietileno reticulado) y EPR (etileno-propileno).

- Alta Tensión.

El aislamiento de EPR es una mezcla a base de polímero sintético "*etileno-propileno*" y tiene las características de una goma, es decir, que pertenece al grupo de los elastómeros, una vez vulcanizado no cambia, por efecto de la temperatura, su forma adquirida, contrariamente a lo que sucede con los materiales termoplásticos. Sus características mecánicas, físicas, eléctricas, etc. son iguales o superan a las de las mejores gomas aislantes para cables empleadas hasta el momento, pero lo que la distingue particularmente es su mayor resistencia al envejecimiento térmico y su elevadísima resistencia al fenómeno de las "descargas parciales" (fenómenos de ionización-efecto corona) y a la humedad. Una versión mejorada de este aislamiento, con mejores prestaciones, es el *etileno-propileno de alto módulo* (HEPR), muy utilizado por las compañías eléctricas de nuestro país.

El aislamiento de XLPE está constituido por "*polietileno reticulado*". Dicho aislamiento es un material termoestable que presenta una muy buena rigidez dieléctrica, bajo factor de pérdidas y una excelente resistencia de aislamiento. El polietileno reticulado posee unas muy buenas propiedades eléctricas, resistencia a la humedad, al ozono y al frío, además de no fundir ni gotear. Su excelente estabilidad térmica le capacita para admitir en régimen permanente temperaturas de trabajo en el conductor de 90 °C, tolerando temperaturas de cortocircuito de 250 °C. La marcada estabilidad al envejecimiento, la elevada resistencia a los agentes químicos y a la humedad, la tenacidad mecánica y eléctrica, son las propiedades más destacadas que posee.

Aunque el reglamento de alta tensión permite aislamientos de PVC, aún son poco utilizados en los proyectos de uso común.

Este tipo de cables suelen estar compuestos, desde dentro hacia fuera, por el conductor, una capa semiconductora, el *aislamiento*, otra capa semiconductora, una pantalla metálica, una cubierta interna y rellenos (para los cables tripolares), una armadura (para los cables tripolares) y la cubierta exterior.

Los conductores están constituidos por cuerdas redondas compactas de cobre recocido o aluminio. La capa semiconductora interna impide la ionización del aire que, en otro caso, se encontraría entre el conductor metálico y el material aislante (efecto corona) y además mejora la distribución del campo eléctrico en la superficie del conductor. La capa semiconductora externa, aplicada sobre el aislamiento, evita que entre la pantalla metálica y el aislamiento quede una capa de aire ionizable y zonas de alta sollicitación eléctrica en el seno del aislamiento. La pantalla está normalmente constituida por una envolvente metálica (cintas de cobre, hilos de cobre, etc.), con el fin de confinar el campo eléctrico en el interior del cable, lograr una distribución simétrica y radial del esfuerzo eléctrico en el seno del aislamiento, limitar la influencia mutua entre cables eléctricos, evitar, o al menos disminuir, el peligro de electrocuciones. En los cables tripolares, los conductores aislados y apantallados se cablean, por lo tanto, para dar forma cilíndrica al conjunto se aplica un relleno de un material apropiado. Cuando la pantalla y armadura están constituidas por materiales diferentes, deberán estar separados por una cubierta estanca extruida. Las armaduras están constituidas por flejes o alambres metálicos dispuestos sobre un asiento apropiado y bajo la cubierta exterior, con lo que la armadura queda protegida de las corrosiones químicas y electrolíticas; a su vez, dicha armadura sirve de refuerzo mecánico, pantalla eléctrica antiaccidentes, barrera de protección contra roedores, insectos o larvas. La cubierta normal de protección exterior suele estar realizada a base de poliolefina (Z1).

Nivel o Tensión de Aislamiento

- Baja Tensión.

El nivel de aislamiento de un cable eléctrico representa la tensión máxima que es capaz de soportar, sin que se produzcan defectos o perforación. El nivel de aislamiento se suele definir mediante dos valores (tensiones): fase-tierra y fase-fase. Los niveles de aislamiento más comunes son: 450/750 V y 0,6/1 kV.

La correspondencia entre el nivel de aislamiento y los diferentes tipos de canalización se indica en la ITC-BT-20:

- Conductores aislados bajo tubos protectores. Niveles de aislamiento admitidos: 450/750 V y 0,6/1 kV.
- Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes. Niveles de aislamiento admitidos: 0,6/1 kV (provistos de cubierta exterior).
- Conductores aislados directamente enterrados. Niveles de aislamiento admitidos: 0,6/1 kV (provistos de cubierta exterior).
- Conductores aislados enterrados bajo tubo. Niveles de aislamiento admitidos: 0,6/1 kV.
- Conductores aislados directamente empotrados en estructuras. Cables de XLPE o EPR provistos de cubierta exterior.
- Conductores aéreos. Niveles de aislamiento admitidos: 0,6/1 kV (provistos de cubierta exterior adecuada a la intemperie).
- Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción. Niveles de aislamiento admitidos: 450/750 V y 0,6/1 kV (no propagadores de la llama).
- Conductores aislados bajo canales protectoras. Niveles de aislamiento admitidos: 450/750 V y 0,6/1 kV.
- Conductores aislados bajo molduras. Niveles de aislamiento admitidos: 450/750 V y 0,6/1 kV.
- Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas. Provistos de cubierta exterior.

Ventana de Propiedades

- Alta Tensión.

La *tensión o nivel de aislamiento* de un conductor de alta tensión viene representada por dos siglas U_0/U , siendo U_0 la tensión nominal entre cada uno de los conductores y la pantalla metálica, y U la tensión nominal entre conductores (tensión de línea).

La tensión nominal del cable debe ser apropiada para las condiciones de operación de la red en la que el cable va a ser instalado. Su elección depende de dos factores:

- Tensión nominal de la red (U_n) o bien la tensión más elevada de la red.
- Duración máxima del eventual funcionamiento del sistema con una fase a tierra.

Para facilitar la selección del cable, las redes de sistemas trifásicos se clasifican en 3 categorías:

* Categoría A: Esta categoría comprende aquellos sistemas en los que el conductor de cualquier fase que pueda entrar en contacto con tierra, es desconectado del sistema en un tiempo inferior a un minuto.

* Categoría B: Comprende las redes que, en caso de defecto, solo funcionan con una fase a tierra durante un tiempo limitado. Generalmente la duración de este funcionamiento no debería exceder de 1 hora, pero podrá admitirse una duración mayor cuando así se especifique en la norma particular del tipo de cable y accesorios considerados.

* Categoría C: Comprende todas las redes no incluidas en las categorías A y B.

Para la elección de la tensión nominal del cable se deberá tener presente el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, donde se relacionan todas estas variables.

Tensión nominal U/ Tensión más elevada	Categoría de la Red	Tensión nominal U_0/U
3/3,6	A-B C	1,8/3 3,6/6
6/7,2	A-B C	3,6/6 6/10
10/12	A-B C	6/10 8,7/15
15/17,5	A-B C	8,7/15 12/20
20/24	A-B C	12/20 15/25
25/30	A-B C	15/25 18/30
30/36	A-B	18/30

	C	26/45
45/52	A-B	26/45
66/72,5	A-B	36

En cualquier caso, siempre se atenderán las consideraciones de la compañía suministradora de la electricidad. La compañía ENDESA, para la zona de Andalucía, en líneas de tensión nominal 20 kV obliga instalar cables del tipo 18/30 kV (para reforzar la garantía de la calidad del servicio).

Polaridad

Cables unipolares  son aquellos en los que cada conductor tiene su propio aislamiento y cubierta exterior (la cubierta no siempre es obligatoria).

Cables multiconductores (bi-tri-tetrapolares)  son aquellos en los que cada conductor tiene su propio aislamiento, pero existe una cubierta exterior común a todos ellos.

En cuanto a la polaridad, se suelen utilizar cables o conductores unipolares en instalaciones bajo tubo, pues son más manipulables a la hora de hacer empalmes, ejecutar el curvado, etc, sin embargo, en canalizaciones directamente al aire se suelen utilizar cables multiconductores, con el fin de obtener una mayor asociación, pues no hay un tubo protector que los concentre.

Factores de corrección

Para cada tipo de canalización existen diferentes factores de corrección por instalación y por temperatura. El factor de corrección por instalación corrige la intensidad máxima admisible de un cable en función de su disposición en la instalación (bajo tubo, compartiendo bandeja con otros conductores, etc). El factor de corrección por temperatura corrige la intensidad máxima admisible de un cable en función de la temperatura del local (en España la temperatura exterior se considera de 40 °C en instalaciones al aire y de 25 °C en instalaciones enterradas). Para locales en los que la temperatura ambiente sea superior a la especificada deberá seleccionarse el factor de corrección adecuado.

Los factores de corrección para *redes de distribución aéreas* se indican en la ITC-BT-06, apdo. 4.2.2 (cables expuestos al sol, agrupación de varios cables y temperatura ambiente).

Los factores de corrección para *redes de distribución subterráneas* se indican en la norma UNE 211435:2007 (resistividad térmica del terreno, agrupamiento de varios circuitos, profundidad de la instalación, temperatura del terreno, etc).

Los factores de corrección para *instalaciones interiores o receptoras* se establecen en la ITC-BT-19, apdo. 2.2.3. Esta instrucción remite a la norma UNE 20.460-5-523, que es donde realmente se proporcionan los citados factores (agrupamiento de circuitos, temperatura ambiente, etc).

En instalaciones bajo tubo el programa calculará automáticamente el diámetro en base a la ITC-BT-21, teniendo en cuenta el nº de conductores que incluye y el sistema de canalización empleado (en *superficie, empotrado, aéreo* o *enterrado*). El programa extraerá internamente el nº de conductores que contiene el tubo, según sea un suministro trifásico o monofásico y se incluya

Ventana de Propiedades

o no conductor de protección. Si por el tubo van varios circuitos, el usuario podrá indicar un "*nº mínimo de conductores por tubo*", de tal manera que el programa calcule el diámetro en base a este nº de conductores indicado. También se podrá fijar el diámetro mínimo del tubo, si fuese necesario. En instalaciones enterradas es posible indicar si todos los conductores van en el *mismo tubo* o cada circuito (o terna) va en un *tubo independiente*. La ITC-BT-07 indica que "*no se instalará más de un circuito por tubo*".

Los factores de corrección para las *redes subterráneas de alta tensión* (directamente enterradas, enterradas bajo tubo y al aire) se encuentran en la ITC-LAT 06. En cuanto a las líneas aéreas aisladas en haz y con conductores recubiertos, los factores de corrección quedan definidos en la ITC-LAT 08.

Protecciones

Térmica

Según ITC-BT-22 (apdo. 1.1), todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos) que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Se admitirán como dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos los interruptores automáticos de corte omnipolar (corte de fases y neutro) con curva térmica de corte y los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

Los interruptores magnetotérmicos  tienen las dos curvas de corte fijas (magnética para la protección a cortocircuitos y térmica para la protección a sobrecargas). Estos aparatos se utilizan en redes de alumbrado público, viviendas y pequeños locales comerciales (circuitos de pequeño consumo).

Los interruptores automáticos  tienen la curva magnética fija y la térmica regulable. Estos aparatos se utilizan en industrias y circuitos de gran consumo.

El valor frontera entre ambos aparatos suele ser 63 A, sin embargo ya se fabrican interruptores magnetotérmicos hasta 125 A.

El campo "*Int. min. regulación automático > 63 A*" indica que la protección contra sobreintensidades se hará mediante magnetotérmicos cuando la intensidad nominal sea menor o igual a 63 A y se hará mediante automáticos cuando ésta sea mayor de 63 A.

En redes de distribución de baja tensión se emplean comúnmente fusibles, pues son más económicos que los interruptores automáticos. En las derivaciones de las redes de distribución de alta tensión se emplean normalmente seccionadores con fusibles incorporados (APR, alto poder de ruptura). La compañía ENDESA, para la zona de Andalucía, admite, en derivaciones que alimenten a un solo transformador de hasta 250 kVA y estén situados en puntos de la red donde la Icc sea menor que 8 kA, el empleo de corta circuitos fusibles de expulsión.

Diferencial

Según ITC-BT-24, apdo. 4, en toda instalación eléctrica se preverá una *Protección contra contactos indirectos*. Una de las medidas aconsejadas es el *corte automático de la alimentación*. Este sistema impedirá que, después de la aparición de un fallo, una tensión de

contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. Deberá existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación y las características de los dispositivos de protección.

En los sistemas de distribución TT (sistema de uso más extendido) todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección deberán ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada transformador o generador deberá ponerse a tierra. Además, se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \cdot I_a < U$$

Donde:

- R_a es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un *dispositivo de corriente diferencial-residual* es la corriente diferencial-residual asignada (sensibilidad del aparato: 30 mA, 300 mA, etc).
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 V en locales secos, 24 V en locales húmedos, etc, según los casos).

En redes de distribución de baja tensión no se utiliza este dispositivo normalmente, pues su situación está prevista en la instalación interior del abonado. En redes de alumbrado público si se suelen utilizar interruptores diferenciales colocados en el cuadro de mando y protección (ITC-BT 09).

Sobretensiones (ITC-BT-23 y norma UNE 20460-4-443:2001)

Las sobretensiones pueden ser transitorias (de origen atmosférico, transmitidas por las redes de distribución) o permanentes (de maniobra, creadas por los equipos de la instalación).

Categorías de las sobretensiones

Las categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben tener los equipos, determinando, a su vez, el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar el posible daño de dichos equipos.

Se distinguen 4 categorías diferentes, indicando en cada caso el nivel de tensión soportada a impulsos, en kV, según la tensión nominal de la instalación.

<u>Tensión nominal instalación</u>		<u>Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV)</u>			
<u>Sistemas III</u>	<u>Sistemas II</u>	<u>Categoría IV</u>	<u>Categoría III</u>	<u>Categoría II</u>	<u>Categoría I</u>
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690		8	6	4	2,5
1000					

- Categoría I.

Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser

Ventana de Propiedades

conectados a la instalación eléctrica fija (ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc). En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

- Categoría II.

Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija (electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares).

- Categoría III.

Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad (armarios de distribución, embarrados, aparataje: interruptores, seccionadores, tomas de corriente, etc, canalizaciones y sus accesorios: cables, caja de derivación, etc, motores con conexión eléctrica fija: ascensores, máquinas industriales, etc).

- Categoría IV.

Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores de energía, aparatos de teledistribución, equipos principales de protección contra sobretensiones, etc).

Medidas para el control de las sobretensiones

Se pueden presentar dos situaciones diferentes:

- Situación natural: No es precisa la protección contra las sobretensiones transitorias, pues se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en la instalación (debido a que está alimentada por una *red subterránea* en su totalidad). En este caso se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos indicada en la tabla de categorías, y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias.

Según la norma UNE 20460-4-443:2001, una línea aérea constituida por conductores aislados con pantalla metálica unida a tierra o que *incluya un conductor unido a tierra se considera equivalente a un cable subterráneo* (en el sistema TT el neutro de la red de distribución se conectará a tierra cada 500 m como máximo, según ITC-BT-06, apdo. 3.7)

Según la citada norma UNE, aún no cumpliéndose alguna de las situaciones anteriores, cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea de baja tensión y la condición de influencias externas es ≤ 25 días al año, tampoco se requerirá ninguna protección complementaria contra las sobretensiones de origen atmosférico. Conforme a la Norma CEI 61024-1, 25 días de tormenta al año son equivalentes a un valor de 2,24 caídas por km² y por año. Esto se deriva de la fórmula:

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25}$$

Donde:

- N_g es la frecuencia de las caídas de rayo por km² y por año.
- T_d es el número de días de tormenta al año.

- Situación controlada: Es precisa la protección contra las sobretensiones transitorias en el origen de la instalación, pues la instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados (sin conexión a tierra de la pantalla metálica o de un conductor de la línea) y la condición de influencias externas es > 25 días al año.

También se considera situación controlada aquella situación natural en que es conveniente incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (continuidad de servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección "*Up*" sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

La *Intensidad máxima* (kA) del limitador de sobretensión da idea de la capacidad de éste para conducir a tierra las corrientes inducidas en la línea debido a la descarga de un rayo. Un limitador de mayor intensidad será apto para soportar la caída de rayos de mayor envergadura.

Un limitador de 65 kA tiene un límite máximo de tensión residual de 1,5 kV (*Up*), por lo tanto la instalación aguas abajo nunca soportará tensiones superiores. Los limitadores de 40, 15 y 8 kA poseen un nivel de protección (*Up*) de 1,2 kV. Como puede observarse, todos ellos serían viables para los aparatos más sensibles, los de Categoría I (1,5 kV para tensiones de línea de 400/230 V).

Selección de los materiales en la instalación

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

En baja tensión, las sobretensiones (caso de ser necesarias) irían en la instalación interior del abonado, no en las redes de distribución. En alta tensión suelen disponerse en todo entronque aéreo-subterráneo, utilizando autoválvulas pararrayos de descarga a tierra.

Sobretensiones permanentes

Son sobretensiones de maniobra creadas por los equipos de la instalación. Para garantizar una protección adecuada se utilizarán bobinas de disparo asociadas a los interruptores automáticos, que abrirán el circuito cuando se produzca una tensión superior al tarado de la bobina.

Menú Proyecto

- **Nuevo**
- **Abrir**
- **Salvar**
- **Salvar Como**
- **Condiciones Generales**
- **Bases de Datos**
- **Cambiar Editor de textos**
- **Configurar Copias de Seguridad**
- **Presentación Previa**
- **Imprimir**
- **Configurar Impresora**
- **Fijar escala de impresión**
- **Salir**

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 dialogo 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.

Condiciones Generales

Esta opción permite definir unos *datos o hipótesis de partida*, que son tenidas 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

Modo de Cálculo

A la hora de calcular instalaciones eléctricas de baja tensión, se puede actuar de dos maneras diferentes: en modo "*diseño*" el programa calcula automáticamente la instalación más óptima y en modo "*comprobación partiendo de secciones dadas*" se deja mayor libertad al usuario, con el fin de adaptarla a sus necesidades o fijarla según su criterio (siempre atendiendo a los posibles mensajes y errores que pudiera proporcionar el programa).

Menú Proyecto

CONDICIONES GENERALES

Datos Simbología Gráfica Secciones

Modo de Cálculo

Diseño Comprobación partiendo de secciones dadas

Datos Generales de la Instalación

Tensión [V]

Trifásica: 400 Monofásica: 230

Temperatura Resistencia

XLPE, EPR (°C): 20

PVC (°C): 20

Tipo Nodo Suministro Energía Eléctrica

Trafo Caja Derivación

Neuro

Según REBT

Según Compañía

Coef. Simultaneidad: 1

Cdt máxima(%): 5 Cos φ: 0.8

Coef. Int. fusión fusibles: 1.1 Coef. Int. disparo relé térmico: 1

Aceptar Cancelar Ayuda

Diseño

Es la opción, en teoría, ideal para el cálculo, pues únicamente basta definir los datos y parámetros de cada nudo y rama para que el programa dimensione y optimice todo el proyecto, siempre cumpliendo las restricciones de *calentamiento* (ninguna línea se verá recorrida por una intensidad mayor a la propia admisible), *caída de tensión total* (en ningún nudo, por alejado que esté, se producirá una caída de tensión mayor que la especificada en condiciones generales) y *protección a sobrecargas y cortocircuito*. La base fundamental, en la que se apoya el programa para poder obtener estos resultados, es el Cálculo Matricial con Algoritmos de optimización.

El nudo de mayor caída de tensión se reflejará de color verde en el plano de planta y con un asterisco (*) identificativo en la ventana de resultados de nudos y anexo de cálculos.

El modo de cálculo *Diseño* es el adecuado para proyectos de nueva ejecución.

Comprobación partiendo de secciones dadas

Al elegir esta opción de cálculo el programa deja activo el campo de "sección fijada" y "nº conductores por fase" en la ventana de propiedades, por lo tanto, existe la posibilidad de poder actuar sobre esos valores. Mediante esta opción, el programa permite dos posibilidades:

- Sin haber calculado anteriormente en modo diseño (elegir de inicio esta opción de comprobación), el programa calcula la red eléctrica con las secciones mínimas existentes en bases de datos y condiciones generales, sin verificar la restricción de calentamiento y sin asegurar que la caída de tensión total se encuentre dentro de los límites máximos prefijados en condiciones generales. No obstante, al quedar reflejados estos valores en el campo de sección fijada y nº de conductores por fase (ventana de propiedades - datos y parámetros) el usuario puede ir modificándolos a su gusto e ir verificando toda la instalación, simplemente calculando cada vez que modifique un valor y observando las ventanas de resultados de nudos y ramas. De

gran ayuda resulta apreciar en las ventanas de resultados de líneas y nudos, que las ramas que no cumplen a calentamiento y los nudos que superan la máxima caída de tensión prefijada, quedan reseñados con un doble signo de admiración (!!), advirtiendo del error que se ha cometido. Además, en el plano de planta se muestran de color rojo.

Esta opción es útil para definir una red existente (basta introducir los valores de dichas secciones existentes y nº conductores por fase en el campo de sección fijada por rama) y comprobarla tras calcular.

- Habiendo calculado anteriormente en modo diseño, el programa vuelca a los campos de sección fijada y nº de conductores por fase los valores obtenidos del cálculo anterior optimizado, por lo tanto, al pasar a este modo de comprobación, estos valores pueden ser modificados por el usuario, adaptándolos a su gusto o a las necesidades de la instalación.

Esta opción se utiliza muchas veces para aligerar trabajo en la comprobación de instalaciones existentes o para adaptar una instalación a gusto del usuario, partiendo a priori de un cálculo óptimo. El proceso es muy sencillo; primeramente se actúa en modo "Diseño", introduciendo datos y parámetros para cada nudo y rama y optimizando toda la instalación; posteriormente se pasa a esta opción "Comprobación partiendo de secciones dadas", pues se vuelca todo el cálculo óptimo y sólo faltaría retocar algunas secciones para reflejarlas igual a las existentes en la red o para adaptarlas a gusto del proyectista.

En cualquier caso, nunca se debe olvidar que al utilizar este modo de cálculo se está actuando en modo "comprobación", pues si el usuario retoca secciones, el programa no asegura que éstas cumplan a calentamiento (sin embargo si marca con un doble signo de admiración (!!)) las defectuosas) y no verifica que la caída de tensión total se encuentre dentro de los límites máximos prefijados (igualmente, marca con doble signo de admiración (!!)) los nudos que superan el valor definido en condiciones generales). Muy ilustrativo es también el color rojo de nudos y ramas sobre el plano de planta, advirtiendo al usuario que el cálculo no es correcto.

En el modo comprobación, de la misma manera que en el modo diseño, el nudo de mayor caída de tensión se reflejará de color verde en el plano de planta y con un asterisco (*) identificativo en la ventana de resultados de nudos y anexo de cálculos.

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, de igual forma que una altura o diferencia de nivel entre dos puntos dados y comunicados por una tubería o conducto, permite la circulación de un fluido desde el punto de mayor potencial (nivel más alto) al de menor potencial (nivel más bajo).

Esta opción permite definir la tensión del proyecto. Viene determinada por la red eléctrica, centro de transformación o subestación que posea la compañía suministradora en la zona, y de la cual se abastece a la instalación. En cualquier caso, la tensión es una constante que viene predeterminada por la compañía, debiendo ser siempre verificada antes de comenzar un proyecto.

- Baja Tensión.

La tensión de trabajo más usual suele ser Trifásica 400 V / Monofásica 230 V, excepto cuando el centro de transformación, desde el cual se alimenta la instalación, sea antiguo, pues en algunos casos puede suministrar la tensión Trifásica 230 V / Monofásica 230 V.

Menú Proyecto

No obstante, estos valores de tensión pueden ser especificados por el usuario, según las condiciones particulares que se den en cualquier instalación, recomendándose no superar 1000 V (baja tensión), pues las intensidades admisibles de los conductores no coincidirían con las incluidas en bases de datos.

- Alta Tensión.

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, y por *tensión más elevada* de la línea, el mayor valor de la 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 efectos o a desconexiones bruscas de cargas importantes. Esta última debe ser soportada por toda la aparamenta eléctrica de la instalación en régimen de funcionamiento normal.

La tensión nominal de trabajo más utilizada en redes de 3ª Categoría suele ser Trifásica 20 kV (tensión más elevada 24 kV), empleándose aún en algunas zonas la de 25 kV (tensión más elevada 30 kV) o 30 kV (tensión más elevada 36 kV). En redes de 2ª categoría, las tensiones normalizadas son 45 kV (tensión más elevada 52 kV) y 66 kV (tensión más elevada 72,5 kV).

Caída de tensión máxima (%)

La caída de tensión representa, de alguna manera, la tensión perdida en un conductor desde el punto origen al punto destino, debido a la pérdida de energía en forma de calor, motivada por la resistencia del conductor, y a la conversión en campos electromagnéticos, motivada por la propia reactancia del conductor. La máxima caída de tensión se encuentra limitada en la reglamentación vigente, pues los receptores necesitan una diferencia de potencial (tensión) en sus bornes de alimentación, capaz de hacerlos funcionar. Esta caída de tensión, en electricidad, es equivalente, en agua, a la pérdida de carga o presión que se produce en una tubería, cuando el fluido circula a su través y se produce un rozamiento con las paredes de dicho conducto o entre las propias partículas. Esta pérdida de carga se encuentra, igualmente, limitada, pues los receptores en un circuito hidráulico necesitan una presión mínima capaz de hacerlos funcionar.

En redes de alumbrado público, según ITC-BT 09, apdo. 3, la máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación será menor o igual que 3 %.

En redes de distribución de baja tensión, instrucciones ITC-BT 06 (redes aéreas) e ITC-BT 07 (redes subterráneas), no se indica el valor de la máxima caída de tensión, quedando éste a criterio de las compañías suministradoras. El valor más usual para calcular estas líneas es del 5 %. No obstante, la compañía ENDESA, en la zona de Andalucía, indica que a ninguna CGP debe llegar una tensión inferior al 94,5 % de la tensión nominal (en este caída de tensión – 5,5 % - se supone que va incluida la cdt de la red de distribución y de la acometida).

Caso de enlazar a una caja de derivación de la red de la compañía, se deberá tener presente la caída de tensión producida desde el trafo hasta dicha caja, pues la red proyectada por el usuario deberá contemplar una pérdida menor de tensión, al encontrarse ya agotada una fracción de ese 5 % en la red existente.

En redes de distribución de alta tensión, la caída de tensión máxima admisible vendrá impuesta por la compañía suministradora, según el punto de conexión a su red general. El valor más usual para calcular estas líneas es del 5 %. No obstante, la compañía ENDESA, en la zona

de Andalucía, indica para líneas aéreas, que los conductores de la línea se dimensionarán de forma que la caída de tensión en el punto más alejado del origen de la línea o de sus derivaciones, en las condiciones de explotación indicadas por la empresa distribuidora, no supere el 7 % de la tensión de servicio de la línea.

Por lo tanto, al trabajar en modo "*Diseño*", el programa optimiza la instalación, teniendo en cuenta estas caídas de tensión máximas especificadas por la reglamentación vigente.

Cos φ (factor de potencia)

El $\cos \varphi$ representa, de alguna manera, el grado de aprovechamiento de la energía en energía útil. Varía de "0" a "1", con lo cual $\cos \varphi = 1$ representa un aprovechamiento de energía útil, en el receptor, del 100 %, mientras que un $\cos \varphi = 0,8$ representa solamente un 80 %, pues la energía restante se utiliza en la creación de campos magnéticos en motores, transformadores, etc, y es conocida como "energía reactiva", energía que no es útil, pero sin embargo es necesaria en multitud de receptores para poder funcionar.

En redes de distribución de energía eléctrica, como no se conocen realmente los receptores que se conectarán a ella, y por tanto el $\cos \varphi$ exacto, se suele tomar un valor medio de 0,8.

Coefficiente de simultaneidad

Representa el índice de receptores capaces de funcionar simultáneamente dentro de la red. Su valor oscila entre "0" y "1", así por ejemplo, C.S. 1 representa que la red en cuestión se calcula para el total de potencia definida en los nudos, pues la instalación es susceptible de funcionar al 100 % al mismo tiempo. C.S. 0,5 representa que la potencia máxima a prever en una red es la mitad de la potencia total definida en todos los nudos, por lo tanto dicha red iría calculada para una potencia minorada.

La compañía ENDESA, para la zona de Andalucía, calcula sus redes de BT aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,8 sobre la suma de las potencias previstas en las C.G.P. que se alimentan, siempre que el número de éstas no sea inferior a cuatro, en cuyo caso el coeficiente a considerar será la unidad. De la misma forma, en las redes de AT la potencia prevista para cada línea se calcula sumando las potencias previstas de los CCTT que alimenten, multiplicado por 0,8, siempre que el número de éstos no sea inferior a cuatro, en cuyo caso el coeficiente será la unidad.

Temperatura Resistencia

La caída de tensión en un circuito eléctrico depende de la *resistividad* (o su inversa, la *conductividad*) del conductor. La conductividad es una característica de cada metal (cobre, aluminio, etc) que varía con la temperatura. Como el paso de corriente a través de los conductores provoca el calentamiento de éstos, la conductividad variará.

La ecuación que representa la variación de la resistividad con la temperatura, se define como:

$$\rho = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha (T - 20)]$$

Siendo:

Menú Proyecto

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α = Coeficiente de temperatura:

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T = Temperatura del conductor (°C).

k = Conductividad del conductor a la temperatura T = $1 / \rho$

R = Resistencia del conductor a la temperatura T = $\rho \cdot L / S$

L = Longitud del conductor.

S = Sección del conductor.

La máxima temperatura que pueden alcanzar los aislamientos termoestables (XLPE y EPR) es de 90 °C y para los aislamientos termoplásticos (PVC) es de 70 °C, en ambos casos cuando están trabajando a su máxima intensidad admisible. Según ENDESA, para la zona de Andalucía, la temperatura a considerar en líneas aéreas de MT (conductores desnudos) es de 50 °C.

Coeficiente Intensidad fusión fusibles

Según la norma UNE 20-460-90, Parte 4-43, las características de funcionamiento de un dispositivo que proteja una canalización contra las sobrecargas debe satisfacer las dos condiciones siguientes:

$$1) I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$2) I_2 \leq 1,45 I_z$$

donde

- I_b es la intensidad utilizada en el circuito;

- I_z es la intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523;

- I_n es la intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

- I_2 es la intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección.

En la práctica I_2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos.

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles.

En fusibles, I_2 suele ser $1,6 \times I_n$, siendo I_n la intensidad nominal del fusible. Por lo tanto para cumplir la segunda condición se deberá verificar:

$$1,6 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_z$$

$$1,6/1,45 \cdot I_n \leq I_z$$

$$1,1 \cdot I_n \leq I_z$$

Esta desigualdad representa que la intensidad admisible del cable, cuando la protección se realiza mediante fusibles, deberá ser mayor que la intensidad nominal del fusible mayorada en

una proporción de 1,1. Este coeficiente es el que se define en el programa como coeficiente de intensidad de fusión de fusibles.

Coeficiente Intensidad disparo relé térmico

Esta opción tiene una lectura similar a la anterior, pues permite retardar la actuación del relé térmico de cara a la protección del conductor.

Neutro

Esta opción se utiliza para calcular la sección del neutro. Según *REBT*, la sección del neutro se obtendrá en base a la tabla 1 de la ITC-BT 07 (para redes aéreas y subterráneas). En caso de utilizar conductor neutro de aleaciones de aluminio (por ejemplo almelec), la sección a considerar será la equivalente, teniendo en cuenta las conductividades de los diferentes materiales. Según *Compañía*, la elección del neutro es similar, únicamente se han modificado las secciones del neutro para las secciones de fase de 240 y 150 mm², siendo en este caso de 150 y 95 mm² respectivamente (según la tabla 1 serían de 120 y 70 mm², secciones que las compañías eléctricas no tienen contempladas en sus normas particulares).

Tipo Nudo de Suministro de Energía Eléctrica

Esta opción permite seleccionar el tipo de nudo que aporta el suministro eléctrico a la red, (transformador o caja de derivación). A efectos de cálculo del proyecto (calentamiento y caída de tensión) son dos tipos de nudos idénticos (su referencia al ser incluidos en las matrices de nudos son las mismas), únicamente se han diferenciado para representar gráficamente la red de forma más real.

Una vez elegido cualquiera de ellos, en la paleta de componentes quedará visible con su aspecto representativo.

Luminarias

Esta opción se utiliza para definir la potencia y coeficiente de mayoración de la carga que cada componente de alumbrado público lleva asociado.

Si el usuario desea trabajar con una potencia de luminaria que no coincide con ninguna de las existentes por defecto (por ejemplo, una luminaria de tres veces brazos con una potencia total de 450 W) podría asociar esta carga al icono que desease, para posteriormente poder utilizarlo en el dibujo de la red en planta.

Según ITC-BT 09, apdo. 3, las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores y a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

Cuando se conozca la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas o tubos de descarga, las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases, que tanto éstas como aquellos puedan producir, se aplicará el coeficiente corrector calculado con estos valores.

Menú Proyecto

Por otra parte, el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior proporciona, en la Tabla 2 de la ITC-EA-04, la potencia máxima consumida por el conjunto del equipo auxiliar y lámpara de descarga.

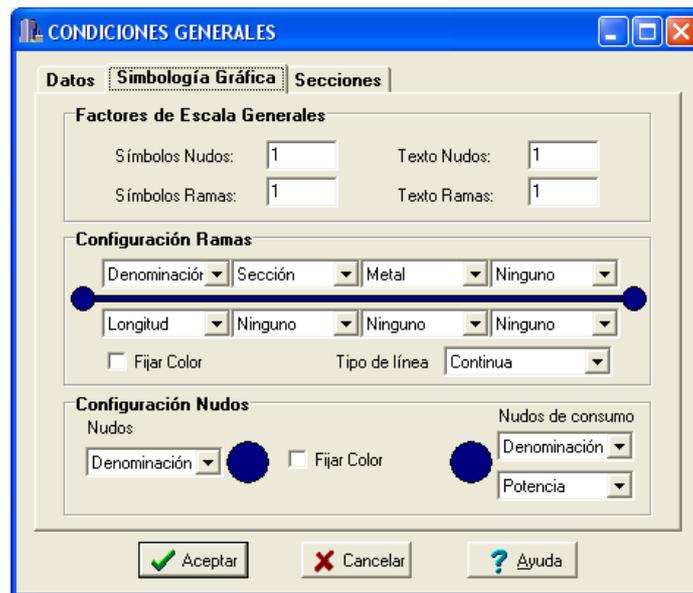
Constante cortocircuito K

Esta constante K_c se utilizará para calcular la Intensidad de c.c. (Icccs) soportada por un conductor de sección S , en un tiempo determinado tcc.

$$I_{cccs} = K_c \times S / \sqrt{t_{cc}}$$

En las tablas 25 y 26 (ITC-LAT 06) del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, se proporcionan los valores de las constantes de cortocircuito para cables aislados de cobre y aluminio.

Simbología Gráfica



Factores de escala generales

Esta opción permite definir el *factor de escala* de símbolos y textos utilizados en el dibujo de nudos y ramas. Un factor de escala mayor de 1 hace que el tamaño aumente y un factor de escala menor de 1 hace que el tamaño disminuya.

Esta opción se aplica a todos los símbolos y textos del proyecto. Además de este factor de escala general, existe un factor de escala particular en la ventana de propiedades. Por lo tanto, un objeto se dibujará multiplicando los dos factores de escala, el general y el particular.

Configuración de ramas

Esta opción permite al usuario *seleccionar el texto que aparece asociado a las secciones* en el plano de planta de la instalación. Las posibilidades son:

- Sección del conductor.
- Metal del conductor.
- Denominación de la rama.
- Longitud de la rama.
- Sistema de canalización empleado.
- Aislamiento del conductor.
- Polaridad del conductor.
- Diámetro tubo.
- Ninguno.

Cada casilla indica la posición donde irá situado el texto respecto a la rama. La lista desplegable permite seleccionar el campo deseado.

Tras indicar los textos activos, la aplicación siempre los centrará respecto a los puntos extremos de la rama.

Por ejemplo, si un usuario desea que la sección aparezca sobre la rama y el material bajo ella, bastará seleccionar la opción "sección" en la casilla "1" y la opción "metal" en la "5". En el resto de opciones se elegirá la opción "ninguno".

Muy interesante es también la opción "*Fijar color*", pues permite seleccionar el color de todas las ramas de la red eléctrica, dando así la posibilidad de diferenciarlas respecto a las líneas de la imagen de fondo. De la misma forma, también es posible seleccionar el *Tipo de línea* representativo del circuito eléctrico.

Configuración Nudos

Esta opción permite al usuario *que aparezca o no texto asociado a los nudos de paso o derivación* en el plano de planta de la instalación. Para ello establece dos posibilidades:

- Denominación del nudo.
- Ninguno.

Como en las ramas, también es posible definir el color de todos los nudos de la red.

Configuración Nudos de consumo

Esta opción permite al usuario *seleccionar el texto que aparece asociado a los nudos de consumo* (con carga) en el plano de planta de la instalación. Las posibilidades son:

- Denominación del nudo.
- Potencia del abonado conectado a la red.
- Ninguno.

Secciones

Esta opción permite definir las secciones de fase activas para calcular el proyecto. El neutro lo obtiene automáticamente el programa en función de la sección de fase calculada.

Menú Proyecto

En redes de alumbrado público, según ITC-BT 09, apdo. 5, la sección mínima a emplear será de 6 mm² para redes subterráneas y de 4 mm² para redes aéreas.

En redes de distribución de baja tensión las secciones normalizadas vienen recogidas en la ITC-BT 06 (redes aéreas) y en la ITC-BT 07 y UNE 211435:2007 (redes subterráneas), no obstante, no todas ellas son admitidas por las compañías eléctricas. La compañía ENDESA, para la zona de Andalucía, únicamente permite las secciones de 150 y 240 mm² (cables unipolares de Al) en redes subterráneas y de 3x50 Al/54,6 Alm, 3x95 Al/54,6 Alm y 3x150 Al/80 Alm en redes aéreas (cables RZ 0,6/1 kV).

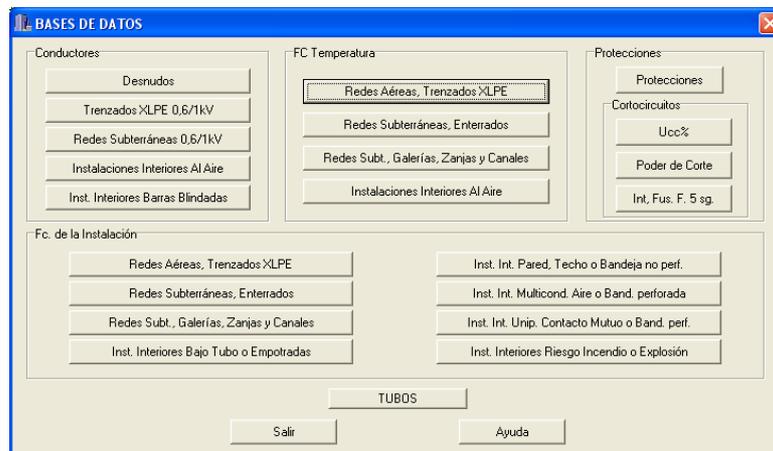
En redes subterráneas de MT, la compañía ENDESA, para la zona de Andalucía, únicamente permite utilizar cables unipolares de aluminio homogéneo con secciones normalizadas de 150 y 240 mm², pudiendo emplearse cable de 400 m² en aquellos casos que sea necesario. En líneas principales de redes aéreas se usarán los tipos LA-110 (116,2 mm²) y LA-180 (181,6 mm²) y en las derivaciones de éstas los tipos LA-56 (54,6 mm²) y LA-110 (116,2 mm²).

Bases de Datos

En ellas están almacenados todos los datos de los elementos que intervienen en el cálculo (secciones, protecciones, tubos, etc). Aunque no es común alterar los valores que figuran en las bases de datos, el usuario puede modificar o ampliar tantos valores como desee, adaptándolos a sus necesidades. Para ello es necesario salvar antes de salir de ellas.

Cualquier cambio en la base de datos afectará a todos los proyectos que se calculen de ahí en adelante. Incluso proyectos antiguos, si son recalculados, se adaptarán a los nuevos valores incorporados en la base de datos. Siempre es posible volver a ellas y dejarlas en su estado original. Si el usuario no recuerda los valores primitivos y quiere recuperarlos, basta instalar de nuevo el software y se actualizará la base de datos completamente.

A continuación se detallan las fuentes que han servido para complementar las bases de datos.



Conductores

Baja Tensión

Desnudos

La intensidad máxima admisible para los conductores desnudos al aire está regulada en la instrucción ITC-BT-06, tanto para cobre como para aluminio. También se tienen conductores de Al-Ac.

Trenzados XLPE 0,6/1 kV

La intensidad máxima admisible para los conductores trenzados en haz con aislamiento de XLPE y nivel de aislamiento 0,6/1 kV está regulada en la instrucción ITC-BT-06, tanto para cobre como para aluminio.

Redes Subterráneas 0,6/1 kV

La intensidad máxima admisible para redes subterráneas con cables de nivel de aislamiento 0,6/1 kV está regulada en la norma UNE 211435:2007 (directamente enterrados 25 °C, enterrados bajo tubo 25 °C y al aire 40 °C), para conductores de cobre y aluminio.

Instalaciones Interiores Al Aire

La intensidad máxima admisible para instalaciones interiores con cables aislados con PVC, XLPE o EPR y niveles de aislamiento de 450/750 V ó 0,6/1 kV está regulada en la ITC-BT-19 y norma UNE 20.460-5-523, para conductores de cobre y aluminio.

Barras blindadas

La intensidad máxima admisible de las barras blindadas se ha obtenido de catálogos de fabricantes.

Alta Tensión

Aislados

La intensidad máxima admisible para líneas subterráneas con cables aislados está regulada en la instrucción ITC-LAT 06 (Directamente enterrados: Tierra 25 °C, Enterrados bajo tubo: Tierra 25 °C, y al Aire en galerías, canales, etc: Aire 40 °C). Estas tablas son válidas para cables unipolares de cobre o aluminio, aislados con XLPE, EPR o HEPR hasta 18/30 KV. En los catálogos de fabricantes se pueden obtener los valores correspondientes a los cables tripolares.

La intensidad máxima admisible para líneas aéreas con cables unipolares aislados reunidos en haz está regulada en la instrucción ITC-LAT 08. Estas tablas son válidas para cables de aluminio aislados con XLPE o EPR hasta 18/30 kV.

Conductores Recubiertos

Menú Proyecto

La intensidad máxima admisible para líneas aéreas con conductores recubiertos está regulada en la instrucción ITC-LAT 08. Estas tablas son válidas para cables de aluminio-acero y aleación de aluminio-magnesio-silicio recubiertos con XLPE hasta 30 kV.

Desnudos

La intensidad máxima admisible para los conductores desnudos al aire está regulada en la instrucción ITC-LAT 07, apareciendo los valores correspondientes a cobre, aluminio y Al-Ac.

Protecciones

Estas tablas recogen todas las intensidades nominales (calibres) de protecciones normalizadas y comerciales de fusibles, interruptores automáticos, interruptores diferenciales y autoválvulas pararrayos. Las tablas pueden ser manipuladas por el usuario, caso de no querer trabajar con alguna de las protecciones o querer introducir algún calibre nominal distinto.

Cortocircuitos

Tensión de Cortocircuito U_{cc} (%)

Esta opción muestra la tensión de cortocircuito en tanto por ciento, así como la componente resistiva de dicha tensión, para distintos transformadores, en función de la potencia nominal de éstos.

Para comprender el concepto de tensión de cortocircuito, recuérdese que la intensidad permanente de c.c. para un trafo (normalmente son trifásicos) se puede expresar de la siguiente manera:

$$I_{pcc} = \frac{U/\sqrt{3}}{Z_{cc}} \quad (1)$$

Siendo:

- I_{pcc} = Intensidad permanente de c.c. (en kA).
- U = Tensión compuesta del secundario en V.
- Z_{cc} = Impedancia de c.c. de un trafo en $m\Omega$.

Si en la expresión (1) se multiplica numerador y denominador por I_n (intensidad nominal del transformador), se obtiene:

$$I_{pcc} = \frac{(U/\sqrt{3}) \cdot I_n}{Z_{cc} \cdot I_n}$$
$$I_{pcc} = \frac{I_n}{\frac{Z_{cc} \cdot I_n}{U/\sqrt{3}}}$$

$$I_{pcc} = \frac{I_n}{\frac{Z_{cc} \cdot I_n}{U_F}}$$

$$I_{pcc} = \frac{I_n}{U_{cc} \text{ (p.u.)}}$$

$$I_{pcc} = \frac{100 I_n}{U_{cc} \%}$$

La anterior ecuación demuestra que se puede expresar la I_{pcc} en bornes de un transformador en función de la intensidad nominal del secundario y de la tensión de cortocircuito, en %, de éste.

Asimismo se observará que la tensión de cortocircuito por unidad (p.u.), no es otra cosa que la caída de tensión producida por la intensidad nominal del transformador en la propia impedancia (resistencia y reactancia) de éste, expresada en función de la tensión de fase (U_F) del secundario. Normalmente se utiliza la expresión en tanto por ciento $U_{cc} \%$, cuya relación con $U_{cc} \text{ (p.u.)}$ es obvia.

Poder de Corte

Esta opción muestra el poder de corte normalizado (kA), para magnetotérmicos/interruptores automáticos y fusibles. El poder de corte de un elemento de protección contra cortocircuitos representa la máxima intensidad de cortocircuito que puede cortar dicho elemento, sin deterioro ni perjuicio para la instalación.

De esta definición se deducen dos cuestiones importantes:

1º) En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos, cuya capacidad (poder) de corte estará de acuerdo con la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

2º) Para determinar el poder de corte de un elemento de protección a cortocircuitos, se deberá calcular la intensidad de c.c. en el origen del conductor (punto de instalación de dicho elemento), ya que será la máxima corriente de c.c. que puede presentarse en dicho conductor eléctrico, no quedando ésta limitada por la impedancia del cable.

Intensidad de Fusión de fusibles en 5 s

En esta opción se presenta la intensidad de fusión en 5 s, en amperios - I.F. 5 (A) -, para distintos fusibles, según la intensidad nominal I_n (A).

Este concepto es fundamental en la protección contra cortocircuitos mediante fusibles adecuados, pues no se debe olvidar que un "cortocircuito" es un defecto franco (impedancia de defecto nula), entre partes de la instalación a distinto potencial y con una duración inferior a 5 s.

Menú Proyecto

Asimismo, para que un fusible proteja a c.c. un conductor, se deben cumplir dos condiciones:

1º) La intensidad de cortocircuito admisible por un conductor durante 5 s, $I_{ccc} 5 (A)$, ha de ser superior a la intensidad de fusión del fusible en 5 s, I.F. 5 (A).

$$I_{ccc} 5 (A) > I.F. 5 (A)$$

2º) La intensidad de c.c. al final del conductor debe ser mayor o igual a la intensidad de fusión del fusible en 5 s.

$$I_{pccF} (A) \geq I.F. 5 (A)$$

Factores de Corrección por Temperatura

En estas tablas aparecen los factores de corrección por temperatura para todos los tipos de canalizaciones existentes, tanto en alta como baja tensión. La normativa de aplicación es la misma que se ha descrito en el apdo. *Conductores*.

Factores de Corrección de la Instalación

Las intensidades máximas admisibles de los conductores que figuran en las tablas de los reglamentos de baja tensión y alta tensión se han obtenido para unas condiciones estándar de canalización definidas en ellos. No obstante, la intensidad máxima admisible deducida de esas tablas deberá corregirse teniendo en cuenta las características particulares de una instalación, siempre y cuando difieran de las condiciones normales para las que están definidas dichas tablas, de tal forma que el incremento de temperatura provocado por la corriente eléctrica no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a la admitida por el aislamiento.

En estas tablas aparecen los factores de corrección por instalación para todos los tipos de canalizaciones existentes, tanto en alta como baja tensión. La normativa de aplicación es la misma que se ha descrito en el apdo. *Conductores*.

Tubos

Los diámetros normalizados de los tubos para instalaciones de baja tensión están regulados en la ITC-BT-21 (canalizaciones fijas en superficie, canalizaciones empotradas, canalizaciones aéreas o con tubos al aire y canalizaciones enterradas).

Para alta tensión, el diámetro interior de los tubos no será inferior a vez y media el diámetro exterior del cable o del diámetro aparente del circuito en el caso de varios cables en el mismo tubo (ITC-LAT 06).

Cambiar Editor de textos

Permite seleccionar un editor (word, wordperfect, etc) instalado en el ordenador, para visualizar y poder modificar los documentos de texto 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 (dmedit); de esta manera el usuario puede trabajar con su herramienta habitual.

Si el usuario tiene instalado el word y desea trabajar con él, para seleccionarlo se actuaría de la siguiente manera:

- Buscar la opción "Cambiar editor de textos" en el Menú Proyecto.
- En la opción "Buscar en" de la ventana operativa se debe elegir la unidad donde esté instalado el editor, normalmente la C.
- Abrir la carpeta "Archivos de programa".
- Abrir la carpeta "Microsoft Office".
- Abrir la carpeta "Office".
- Seleccionar y abrir el fichero "Winword.exe", ejecutable del editor de textos.

Configurar Copias de Seguridad

Esta opción permite al usuario indicar si desea una *copia de seguridad temporal* del proyecto (activar o desactivar copia de seguridad).

En caso de activar la copia de seguridad temporal, podrá indicar el intervalo de tiempo para ir realizando dicha copia.

Presentación Previa

Esta opción permite al usuario obtener una visión del dibujo antes de su salida directa a impresora o plotter. Si el dibujo está escalado (opción *Fijar Escala de Impresión*), el usuario podrá observar el nº de páginas que necesita para imprimir todo el dibujo o sólo la parte visible en pantalla (también se pueden imprimir sólo las páginas necesarias, etc).

Imprimir

Esta opción permite imprimir el dibujo visualizado en pantalla, en la impresora o dispositivo de salida (ejemplo plotter) seleccionado.

Configurar Impresora

Esta opción permite al usuario definir las características de la impresión directa (orientación del papel, nº de copias, etc).

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 de la instalación al tamaño del formato, obteniéndolo de esta manera en sus dimensiones máximas.

Mediante la *Presentación Preliminar* el usuario puede obtener una vista previa, saber el nº de páginas necesarias para imprimir todo el dibujo o sólo partes de él (según la vista en pantalla), etc.

Salir

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

Menú Edición

- **Deshacer**
- **Cortar**
- **Copiar**
- **Pegar**
- **Modo Selección**
- **Modo Enlace**
- **Modo Orto**
- **Renumerar Nudos-Ramas**
- **Borrar**

Deshacer

Esta opción permite deshacer operaciones realizadas anteriormente. Es una opción muy útil cuando se ha introducido algún valor erróneo, diseñado mal algún tramo de instalación o ejecutado alguna mala operación.

Cortar

Borra los nudos y ramas seleccionados (marcados en azul) en el dibujo y los copia en el portapapeles. Estos elementos podrán, más tarde, insertarse en cualquier punto del proyecto.

En esta opción es necesario indicar un nudo de referencia, punto base para la futura inserción de los nudos en otro lugar.

En la función de Cortar-Pegar es muy importante verificar la opción de referencia a objetos seleccionada, pues si se pega sobre un nudo de la red, con referencia a objetos *“ninguno”*, existirán dos nudos duplicados (uno encima de otro), el existente y el de la red que se ha pegado. Sin embargo, si la referencia a objetos es *“intersección”* o *“punto final”*, la red que había sido cortada se pega al nudo de la red existente, sin duplicar éste en ningún momento. En este último caso se obvia un nudo de la red pegada, el que había servido de referencia, pues al pegar un nudo sobre otro predomina el existente en el dibujo.

Copiar

Copia los nudos y ramas seleccionados en el portapapeles. Estos elementos podrán, más tarde, insertarse en cualquier punto del proyecto, o bien podrán ser incorporados en formato gráfico de metaarchivo en editores de texto, programas de dibujo o cualquier aplicación que manipule este tipo de información.

En esta opción es necesario indicar un nudo de referencia, punto base para la futura inserción de los nudos en otro lugar.

En la función de Copiar-Pegar es muy importante verificar la opción de referencia a objetos seleccionada, pues si se pega sobre un nudo de la red, con referencia a objetos *“ninguno”*, existirán dos nudos duplicados (uno encima de otro), el existente y el de la red que se ha pegado. Sin embargo, si la referencia a objetos es *“intersección”* o *“punto final”*, la red que había sido copiada se pega al nudo de la red existente, sin duplicar éste en ningún momento. En este último caso se obvia un nudo de la red pegada, el que había servido de referencia, pues al pegar un nudo sobre otro predomina el existente en el dibujo.

Pegar

Inserta en el dibujo los nudos y ramas copiados o cortados anteriormente, permitiendo ubicarlos en cualquier lugar de la instalación, ya sea unidos a un punto de la red o en una zona libre.

En la función de Cortar/Copiar-Pegar es muy importante verificar la opción de referencia a objetos seleccionada, pues si se pega sobre un nudo de la red, con referencia a objetos *“ninguno”*, existirán dos nudos duplicados (uno encima de otro), el existente y el de la red que se

Menú Edición

ha pegado. Sin embargo, si la referencia a objetos es “*intersección*” o “*punto final*”, la red que había sido cortada o copiado se pega al nudo de la red existente, sin duplicar éste en ningún momento. En este último caso se obvia un nudo de la red pegada, el que había servido de referencia, pues al pegar un nudo sobre otro predomina el existente en el dibujo.

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 nudos y/o ramas y poder cambiarles propiedades o aplicarles directamente todas las opciones gráficas.

Este modo permite además acceder a la paleta de componentes y pinchar la opción deseada para insertarla en el dibujo (diseño de la instalación).

Una vez introducida una instalación o parte de ella, si se desea cambiar algún dato o parámetro de un componente (nudo o rama), basta pinchar con el ratón sobre ellos y activarlos (seleccionados en azul en el dibujo); en este momento quedarán reflejados todos sus valores en la ventana de propiedades (datos y parámetros), 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 nudos y ramas 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 nudos, ramas o más zonas sin desactivar la parte ya seleccionada, basta mantener pulsada la tecla CTRL del teclado del ordenador y simultáneamente seguir seleccionando individualmente nudos y ramas, o marcando nuevas zonas de la red con ventanas de captura.

- Una vez seleccionado un nudo o todo el dibujo, si se vuelve a pinchar con el botón izquierdo del ratón sobre un elemento seleccionado y se arrastra manteniéndolo pulsado, los elementos seleccionados se desplazan hasta la zona de edición gráfica que desee el usuario (basta dejar de pulsar dicho botón izquierdo al llegar al nuevo lugar).

Modo Enlace

Esta opción permite enlazar el nudo origen (seleccionado) con otros nudos de la red, insertando entre ellos una línea.

Para realizar esta operación basta activar el nudo origen, seleccionar la opción de enlace y pinchar el nudo destino.

Esta opción es muy útil para cerrar mallas o cuando hay dos nudos desconectados y se desea unirlos.

Modo Orto

Esta opción permite introducir nudos y ramas 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).

Renumerar Nudos-Ramas

Esta opción permite renumerar los nudos y las ramas del proyecto, según el orden de introducción o por recorrido en profundidad.

Borrar

Esta opción permite borrar todos los nudos y ramas seleccionados (reflejados en azul).

Menú Ver

- Barra de Botones
- Ventana de Edición de Datos
- Resultados ALP, REDBT y REDAT
- Mensajes
- Zooms
- Vista global
- Imagen de fondo
- Nudos-Ramas
- Texto-Nudos
- Texto-Ramas
- Cambiar color de fondo

Barra de Botones

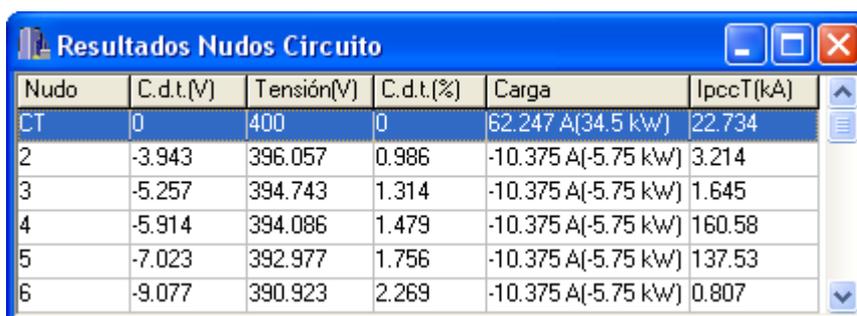
Esta opción permite visualizar u ocultar las paletas del programa (nudos, ramas, herramientas, etc). Para trabajar más cómodamente y con mayor rapidez es aconsejable que estén siempre visibles.

Ventana de Edición de Datos

Esta opción permite visualizar u ocultar la ventana de propiedades (datos y parámetros de nudos y ramas). Para trabajar más cómodamente y con mayor rapidez es aconsejable que esté siempre visible.

Ventana de Resultados de ALP, REDBT y REDAT

Resultados Nudos

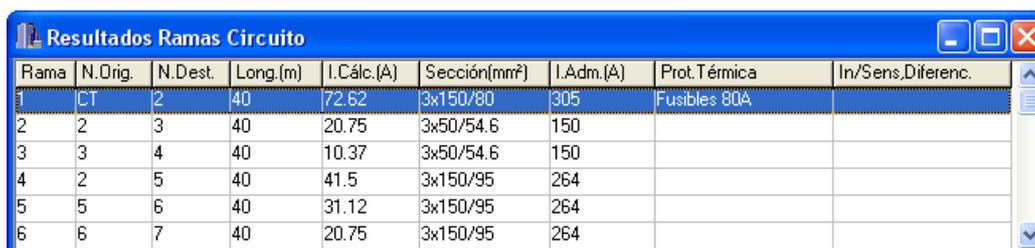


Nudo	C.d.t.(V)	Tensión(V)	C.d.t.(%)	Carga	IpccT(kA)
CT	0	400	0	62.247 A(34.5 kW)	22.734
2	-3.943	396.057	0.986	-10.375 A(-5.75 kW)	3.214
3	-5.257	394.743	1.314	-10.375 A(-5.75 kW)	1.645
4	-5.914	394.086	1.479	-10.375 A(-5.75 kW)	160.58
5	-7.023	392.977	1.756	-10.375 A(-5.75 kW)	137.53
6	-9.077	390.923	2.269	-10.375 A(-5.75 kW)	0.807

Esta ventana muestra los siguientes datos:

- Denominación de los nudos.
- Caída de tensión (V, %) producida desde los nudos que aportan la energía eléctrica a la red (transformadores, cuadros de mando, etc) hasta todos los nudos de consumo o derivación de la red.
- Tensión en voltios (V) a la que quedan todos los nudos de la red.
- Carga demandada en los nudos de consumo (-) o aportada en los nudos de suministro de energía eléctrica (+).
- Intensidad permanente de cortocircuito trifásica en cada nudo.

Resultados Líneas



Rama	N.Orig.	N.Dest.	Long.(m)	I.Cálc.(A)	Sección(mm²)	I.Adm.(A)	Prot.Térmica	In/Sens.Diferenc.
1	CT	2	40	72.62	3x150/80	305	Fusibles 80A	
2	2	3	40	20.75	3x50/54.6	150		
3	3	4	40	10.37	3x50/54.6	150		
4	2	5	40	41.5	3x150/95	264		
5	5	6	40	31.12	3x150/95	264		
6	6	7	40	20.75	3x150/95	264		

Menú Ver

Esta ventana muestra los siguientes datos:

- Denominación de las ramas.
- Nudo origen y destino que definen cada rama.
- Longitud de la rama.
- Intensidad por rama, en función de la demanda de potencia aguas abajo.
- Sección del conductor.
- Máxima Intensidad admisible del conductor.
- Protección térmica. Calibre nominal de la protección contra sobrecargas y c.c. - (interruptor automático, fusibles, etc).
- Protección diferencial. Calibre nominal (In) y Sensibilidad de la protección diferencial, contra contactos indirectos.

Resultados Cortocircuito



Rama	N.Orig.	N.Dest.	IpccI(kA)	PdeC(kA)	IpccF(A)	tmcicc(sg)	tficc(sg)	In: Curvas
1	CT	2	22.73	50	6739.09	3.75	0.023	80
2	2	3	13.48		2245.67	3.75		

Esta ventana muestra los siguientes datos:

- Denominación de la rama.
- Nudo origen y destino que definen cada rama.
- IpccI - Intensidad permanente de c.c. en inicio de línea (kA). En este campo se presenta la intensidad permanente de cortocircuito en inicio de un conductor, en kA, determinada mediante un c.c. trifásico (simétrico) que proporciona la máxima intensidad de c.c. en dicha línea, y es necesaria para la determinación del poder de corte del elemento de protección a c.c. de dicha línea ($P. de C. \geq IpccI$).
- P. de C. - Poder de Corte (kA). Este campo muestra el Poder de Corte, en kA, del elemento de protección de la línea a c.c.; se extrae de bases de datos en función de la IpccI (kA), pues $P. de C. \geq IpccI$, y del tipo de protección empleado, interruptores automáticos/magnetotérmicos o fusibles.
- IpccF - Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (A). Representa la intensidad permanente de c.c., en amperios, al final de una línea o conductor eléctrico (es la que soporta dicho conductor), necesaria, como se sabe, para determinar el tiempo máximo que dicho conductor soporta la mencionada IpccF (A). Asimismo, es necesaria para establecer las dos condiciones que deben cumplir los elementos de protección a c.c. (interruptor automático, magnetotérmico y fusibles), pues con ella se determinan las curvas que cumplen en I. automáticos para la protección a c.c., así como el tficc (tiempo de fusión de los fusibles) para la mencionada IpccF.
- tmcicc - Tiempo máximo que soporta un conductor la intensidad de c.c. (s). Representa el tiempo máximo, en segundos, que un conductor soporta una determinada intensidad de cortocircuito; se extrae en función de la IpccF (A), de la naturaleza del conductor, Cu o Al, y del tipo de aislamiento. Este tiempo supone el máximo para que una línea, de determinadas características, no supere la máxima temperatura admisible (t^a de c.c.).
- tficc - Tiempo de fusión de fusibles (s). En este campo sólo aparecerán valores cuando los elementos de protección contra c.c. sean fusibles; representa el tiempo de fusión, en segundos, de los fusibles que protegen a c.c. la línea eléctrica, para la intensidad permanente de c.c. al final de dicha línea (IpccF).

- In. Calibre nominal de la protección contra sobreintensidades – sobrecargas y c.c. - (interruptor automático, fusibles, etc).
- Curvas. Este concepto representa las curvas del relé electromagnético, según norma europea (EN), que cumplen (para Int. automáticos/magnetotérmicos, dotados de dispositivos de corte electromagnético) con la protección a c.c. de la línea en estudio.
- Icccs (AT). Intensidad de c.c. en Amperios soportada por un conductor de sección "S", en un tiempo determinado "tcc".

Mensajes

Permite visualizar u ocultar la ventana de mensajes de errores o advertencias, obtenidos al calcular el proyecto. Haciendo doble clic sobre el mensaje de error el programa localizará automáticamente el nudo o rama defectuoso.

Zooms

Zoom Ventana. Permite obtener una vista ampliada de una zona en concreto; para ello basta seleccionar dos puntos, diagonalmente opuestos, de dicha zona.

Zoom en tiempo real. Esta opción aumenta o disminuye el tamaño aparente de la imagen que aparece en pantalla.

Encuadre en tiempo real. Esta opción mueve la posición del dibujo en cualquier dirección bidimensional.

Zoom todo. Permite obtener la visión más amplia del dibujo completo, ajustándola a los límites de la zona de edición gráfica.

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

Zoom previo. Permite obtener una visión anterior.

Vista global

Esta opción muestra la *vista global* de toda la instalación, 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.

Nudos-Ramas

Esta opción permite mostrar u ocultar los nudos y ramas de la instalación.

Texto Nudos

Menú Ver

Esta opción permite mostrar u ocultar el texto de los nudos de la instalación.

Texto Ramas

Esta opción permite mostrar u ocultar el texto de las ramas de la instalación.

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 Cálculos

- **Proyecto**
- **Sobrecargas**
- **Cortocircuito**
- **Toma Tierra**

Proyecto

Mediante esta opción el programa realizará automáticamente el cálculo de:

- Secciones a calentamiento.
- Secciones de acuerdo a la caída de tensión máxima establecida.
- Diámetro exterior de los tubos.

Sobrecargas

Mediante esta opción el programa realizará automáticamente el cálculo de:

- Protecciones a sobrecargas (interruptores automáticos, fusibles y relés térmicos).
- Protecciones contra contactos indirectos (interruptores diferenciales).
- Protección a Sobretensiones, si fuese necesaria.
- Secciones para soportar las sobrecargas.

Cortocircuito

Mediante esta opción el programa realizará automáticamente el cálculo de:

- Intensidad de c.c. en inicio línea (trifásica o fase-masa).
- Poder de corte de las protecciones.
- Intensidad de c.c. en fin de línea (fase-neutro).
- Curvas válidas (B, C o D) según la intensidad de c.c. en fin de línea, para asegurar que actúa el dispositivo de protección a c.c. (relé electromagnético).
- Comprobación de que la intensidad de c.c. en fin de línea es superior a la intensidad de fusión de fusibles en 5 s.
- Tiempo de actuación del fusible para la intensidad de c.c. en fin de línea.
- Tiempo que soporta el conductor la intensidad de c.c. en fin de línea. Si la protección se realiza con relés electromagnéticos, el tiempo será superior a 0,1 s (tiempo de actuación de la protección). Si la protección se realiza con fusibles, el tiempo será superior al tiempo de fusión del fusible.

Toma Tierra

Las puestas a tierra se establecen con objeto, principalmente, de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar, en un momento dado, las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

La denominación "*puesta a tierra*" comprende toda ligazón metálica directa sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo, o grupo de electrodos, enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta o las de descarga de origen atmosférico.

Los electrodos artificiales más utilizados para constituir la toma tierra son las placas enterradas, picas verticales y conductores enterrados horizontalmente.

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso. Según ITC-BT-24 se cumplirá la condición (sistema TT):

$$R_a \cdot I_a < U$$

Siendo:

- R_a es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un *dispositivo de corriente diferencial-residual* es la corriente diferencial-residual asignada (sensibilidad del aparato: 30 mA, 300 mA, etc).
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 V en locales secos, 24 V en locales húmedos, etc, según los casos).

La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Se obtiene de la siguiente forma:

<u>Electrodo</u>	<u>Resistencia de tierra (ohmios)</u>
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho / p$
Pica vertical	$R = \rho / L$
Conductor enterrado	$R = 2 \rho / L$

ρ : Resistividad del terreno (ohmios x metro)

p : Perímetro de la placa (metros)

L : Longitud de la pica o del conductor (metros)

La tabla siguiente da, a título de orientación, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos.

<u>NATURALEZA DEL TERRENO</u>	<u>RESISTIVIDAD EN Ohm · m</u>
- Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
- Limo	20 a 100
- Humus	10 a 150
- Turba Húmeda	5 a 100
- Arcilla Plástica	50

Menú Cálculos

- Margas y arcillas compactas	100 a 200
- Margas del jurásico	30 a 40
- Arena arcillosa	50 a 500
- Arena silícea	200 a 3000
- Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
- Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
- Calizas blandas	100 a 300
- Calizas compactas	1000 a 5000
- Calizas agrietadas	500 a 1000
- Pizarras	50 a 300
- Rocas de mica y cuarzo	800
- Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
- Granitos y gres muy alterados	100 a 600
- Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
- Terraplenes cultivables poco fértiles, y otros terraplenes	500
- Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3000

Los elementos a conectar a tierra en toda instalación eléctrica son:

- * Los hierros de construcción.
- * Los conductores de protección de las instalaciones interiores.
- * Las guías metálicas de ascensores, montacargas, etc.
- * Las tuberías metálicas que penetren en el edificio, tales como las de agua, gas, etc.
- * Los depósitos metálicos colectivos: gas-oil, etc.
- * Los pararrayos (tendrán puntos de puesta a tierra exclusivos para ellos).
- * Las antenas colectivas de TV, FM, etc.
- * Cualquier masa metálica importante que sea accesible, como las calderas, etc.

Una vez vista la teoría, reseñar que el programa calcula automáticamente el valor de la resistencia de tierra (R_t) sólo con definir la resistividad del terreno y el tipo de electrodo a utilizar.

La "toma tierra" se puede constituir de una manera *simple*, o sea, utilizando un solo electrodo de los definidos anteriormente, sin embargo, en la práctica se suele constituir de forma *combinada*, o sea, utilizando la asociación de varios electrodos; un caso muy común es tender un conductor de 35 mm², desnudo, de cobre, enterrado a 50 cm del suelo, al cual se van conectando varias picas verticales, en paralelo, hasta conseguir el valor de la resistencia de tierra (R_t) deseado.

En cualquier caso, bastará ir rellenando los campos previstos en los electrodos artificiales para que el programa, en función de la resistividad del terreno, calcule el valor de la resistencia de tierra. Caso de superar el valor máximo definido, el programa avisa dando un mensaje.

Menú Resultados

- **Memoria Descriptiva**
- **Anexo de Cálculos**
- **Pliego de Condiciones**
- **Medición**
- **Esquema DXF**

Menú Resultados

Los documentos de texto (Memoria Descriptiva, Anexo de Cálculos, Pliego de Condiciones y Medición) se visualizarán 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.

Memoria Descriptiva

La *Memoria Descriptiva* del proyecto es aquel documento en el cual se describe toda la instalación.

ALP: Dicho documento se denomina como "*MEMOALP.RTF*", que estará localizable en la carpeta de "*ALP*".

REDBT: Dicho documento se denomina como "*MEMOBTR.RTF*", que estará localizable en la carpeta de "*REDBT*".

REDAT: Dicho documento se denomina como "*MEMOATR.RTF*", que estará localizable en la carpeta de "*REDAT*".

Anexo de Cálculos

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

ALP: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".JAL"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.JAL", que estará localizable en la carpeta de "*Proyectos Urbanización*".

REDBT: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".JRB"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.JRB", que estará localizable en la carpeta de "*Proyectos Urbanización*".

REDAT: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".JRA"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.JRA", que estará localizable en la carpeta de "*Proyectos Urbanización*".

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.

ALP: Dicho documento se denomina como "*PLIEALP.RTF*", que estará localizable en la carpeta de "*ALP*".

REDBT: Dicho documento se denomina como "*PLIEBTR.RTF*", que estará localizable en la carpeta de "*REDBT*".

REDAT: Dicho documento se denomina como "*PLIEATR.RTF*", que estará localizable en la carpeta de "*REDAT*".

Medición

La *Medición* del proyecto es aquel documento donde se contabiliza toda la apartamentada del proyecto.

ALP: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión "*.MAL*"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.MAL", que estará localizable en la carpeta de "*Proyectos Urbanización*".

REDBT: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión "*.MRB*"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.MRB", que estará localizable en la carpeta de "*Proyectos Urbanización*".

REDAT: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión "*.MRA*"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.MRA", que estará localizable en la carpeta de "*Proyectos Urbanización*".

Esquemas DXF

Es la representación gráfica de la red en planta, donde se detallan las características (secciones, 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 un fichero que contiene la información gráfica antes referenciada y que puede ser interpretado 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.

ALP: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión "*___ALP.DXF*"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", los planos al generarse se almacenarán en el fichero "EJEMPLO_ALP.DXF", que estará localizable en la carpeta de "*Proyectos Urbanización*".

Menú Resultados

REDBT: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión " REDBT.DXF"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", los planos al generarse se almacenarán en el fichero "EJEMPLO_REDBT.DXF", que estará localizable en la carpeta de "*Proyectos Urbanización*".

REDAT: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión " REDAT.DXF"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", los planos al generarse se almacenarán en el fichero "EJEMPLO_REDAT.DXF", que estará localizable en la carpeta de "*Proyectos Urbanización*".

Apéndice técnico

- **Resumen de fórmulas**

Resumen de fórmulas

Fórmulas

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico:

$$I = Pc / 1,732 \times U \times \text{Cos}\varphi \times R \text{ (A)}$$

$$e = (L \times Pc / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times Pc \times Xu \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos}\varphi) \text{ (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = Pc / U \times \text{Cos}\varphi \times R \text{ (A)}$$

$$e = (2 \times L \times Pc / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times Pc \times Xu \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos}\varphi) \text{ (V)}$$

Siendo:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm².

Cos φ = Coseno de φ . Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N° de conductores por fase.

Xu = Reactancia por unidad de longitud en m Ω /m.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1+\alpha (T-20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\text{max}}-T_0) (I/I_{\text{max}})^2]$$

Siendo:

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$AI = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b: intensidad utilizada en el circuito.

I_z: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

I_n: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I₂: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I₂ se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I_n como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I_n).

Fórmulas Cortocircuito

Intensidad de c.c. en inicio de línea

$$I_{pccI} = Ct U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo:

I_{pccI}: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

Ct: Coeficiente de tensión.

U: Tensión trifásica en V.

Z_t: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

Intensidad de c.c. en fin de línea

$$I_{pccF} = Ct U_F / 2 Z_t$$

Siendo,

I_{pccF}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

Ct: Coeficiente de tensión.

Apéndice técnico

U_F : Tensión monofásica en V.

Zt: Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

Impedancia

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo:

Rt: $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Xt: $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = L \cdot 1000 \cdot C_R / K \cdot S \cdot n \quad (\text{mohm})$$

$$X = X_u \cdot L / n \quad (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R : Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

X_u : Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

Tiempo que soporta el conductor la corriente de c.c.

$$t_{mcicc} = C_c \cdot S^2 / I_{pcc} F^2$$

Siendo:

t_{mcicc} : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc} .

C_c : Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

$I_{pcc} F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

Tiempo de fusión de los fusibles

$$t_{ficc} = cte. \text{ fusible} / I_{pcc} F^2$$

Siendo:

t_{ficc} : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

$I_{pcc} F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

Longitud máxima protegida a c.c.

$$L_{max} = 0,8 U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo:

L_{max} : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F : Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm^2)

X_u : Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

$C_t = 0,8$: Es el coeficiente de tensión.

$C_R = 1,5$: Es el coeficiente de resistencia.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Curvas válidas

Para la protección a c.c. mediante Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético.

CURVA B

IMAG = 5 I_n

CURVA C

IMAG = 10 I_n

CURVA D Y MA

IMAG = 20 I_n