

Manual del Usuario

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN URBANIZACIÓN

Instalaciones eléctricas en urbanización

DMELECT, S.L.

Copyright © 1991, 2017. Todos los derechos reservados.

DMELECT, S.L.

C/General Alvear, 4, 3º B

04800 Albox (Almería)

Tlfno: 950 120757; Fax: 950 120891

<http://www.dmelect.com>

e-mail: info@dmelect.com

Índice

Introducción

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

¿Cómo realizar un proyecto?

| | |
|------------------------------------------------------|----|
| Introducción | 11 |
| Pasos a seguir en el desarrollo de un proyecto | 12 |
| Notas de Interés | 13 |

Módulo base: Configuración gráfica de la urbanización

| | |
|-------------------------------|----|
| Descripción del módulo | 16 |
| Operatividad del módulo | 17 |

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

| | |
|---------------------------------------|----|
| Criterios técnicos de diseño | 19 |
| Descripción básica del programa | 23 |
| Filosofía de trabajo | 29 |
| Ejemplo práctico resuelto | 32 |

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

| | |
|---------------------------------------|----|
| Criterios técnicos de diseño | 36 |
| Descripción básica del programa | 42 |
| Filosofía de trabajo | 49 |
| Ejemplo práctico resuelto | 53 |

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

| | |
|---------------------------------------|----|
| Criterios técnicos de diseño | 57 |
| Descripción básica del programa | 59 |
| Filosofía de trabajo | 65 |
| Ejemplo práctico resuelto | 70 |

Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica

| | |
|-----------------------------------------|----|
| Criterios técnicos de diseño | 74 |
| Descripción básica del programa | 81 |
| Configuraciones básicas | 88 |
| Ficha para Estudio de Necesidades | 91 |
| Filosofía de trabajo | 92 |
| Ejemplo práctico resuelto | 96 |

Módulo V: Centros de Transformación. Prefabricados, obra e intemperie

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Descripción básica del programa | 103 |
| Filosofía de trabajo | 112 |
| Ejemplos prácticos resueltos | 119 |
| Establecimiento de las Condiciones Generales de un proyecto | 125 |
| Ventana de Datos y Parámetros de Componentes | 129 |
| Manipulación o Edición Gráfica | 136 |
| Manejo de Errores del proyecto | 136 |
| Salidas o Resultados | 137 |

Indice

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Visor 3D | 139 |
| Manipulación o edición gráfica | 142 |
| Modificación de propiedades de componentes | 145 |
| Manejo de errores del proyecto | 147 |
| Editor de Circuitos | 149 |
| | |
| Ventana de Propiedades | |
| Redes de Alumbrado Público, Redes de BT , Redes de AT, Renovables | 151 |
| | |
| Menú Proyecto | |
| Nuevo | 163 |
| Abrir | 163 |
| Salvar | 163 |
| Salvar Como | 163 |
| Condiciones Generales | 163 |
| Bases de Datos | 174 |
| Cambiar Editor | 179 |
| Configurar Copias Seguridad | 179 |
| Presentación Previa | 179 |
| Imprimir | 180 |
| Configurar Impresora | 180 |
| Fijar Escala Impresión | 180 |
| Salir | 180 |
| | |
| Menú Edición | |
| Deshacer | 182 |
| Cortar | 182 |
| Copiar | 182 |
| Pegar | 182 |
| Modo Selección | 182 |
| Modo Enlace | 183 |
| Modo Orto | 183 |
| Renumerar Nodos-Ramas | 183 |
| Borrar | 183 |
| | |
| Menú Ver | |
| Barra de botones | 185 |
| Ventana de Edición de datos | 185 |
| Resultados Redes de Alumbrado Público, Redes de BT , Redes de AT, Renovables | 185 |
| Mensajes | 186 |
| Zooms | 186 |
| Vista global | 186 |
| Imagen de fondo | 186 |
| Nodos-Ramas | 187 |
| Texto-Nodos | 187 |
| Texto-Ramas | 187 |
| Cambiar color de fondo | 187 |
| | |
| Menú Cálculos | |
| Proyecto | 189 |
| Sobrecargas | 189 |
| Cortocircuito | 189 |
| Toma Tierra | 189 |
| | |
| Menú Resultados | |
| Memoria Descriptiva | 193 |

Anexo de Cálculos 193
Pliego de Condiciones 197
Medición 194
Esquemas DXF 195

Apéndice técnico

Resumen de Fórmulas 197

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, solar, 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 (en instalaciones monofásicas) 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. El programa **RENOVABLES** se utilizará para calcular las necesidades de captación en una instalación fotovoltaica y los aerogeneradores en una instalación eólica, así como todos los circuitos o redes de BT que conectan los diferentes subsistemas (primario: generación de energía, secundario: alimentación a la parte del consumo, etc). El programa **CENTROS DE TRANSFORMACIÓN** se utilizará para diseñar Centros prefabricados, de obra o intemperie (puesta a tierra de neutro y masas metálicas) para abastecer las redes de baja tensión, ya sean de alumbrado público o redes de distribución (para una urbanización de viviendas por ejemplo). 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, centros de transformación, paneles fotovoltaicos, etc.

La **Ventana de Propiedades** permite definir o editar los datos y parámetros de cada línea o componentes (longitud, potencia, canalización, disposición de los paneles FV, 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.
- Sistema operativo Windows XP Servi Pack 3 y superiores (Vista, 7, 8 y 10).
- 32 Mb de memoria RAM mínima y 64 Mb recomendada.
- 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:

Introducción

- 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.

Cuando se entra al módulo de urbanización por primera vez a través de Inicio/ Programas/ dmELECT instalaciones/ Instalaciones Urbanización se abrirá una ventana donde se le pedirá la clave de activación del producto; se puede copiar y pegar la clave suministrada y luego pulsar el botón de "activación automática"; es necesario estar conectado a internet previamente para realizar este proceso. El software se puede instalar en varios equipos a la vez, pero sólo se abrirá donde se active la licencia; en Inicio/ Programas / dmELECT instalaciones/ Utilidades aparece la opción de "transferir licencia" por si se quiere desactivar la licencia del equipo actual y activarla en otro diferente donde ya previamente se ha instalado el software.

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.

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 Centros de Transformación.

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.

El programa **RENOVABLES** se utilizará para calcular eléctricamente las instalaciones de energías renovables, ya sean fotovoltaicas o eólicas. Además de calcular todo el equipamiento necesario (nº de paneles FV, potencia de los aerogeneradores, reguladores, inversores, baterías, etc), también se calcularán todas las canalizaciones eléctricas, tanto la parte de corriente continua como la de alterna. Por otra parte, será posible abordar instalaciones aisladas (autónomas) o conectadas a red.

El programa **CENTROS DE TRANSFORMACIÓN** se utilizará para diseñar Centros prefabricados, de obra o intemperie (calcula la puesta a tierra de neutro y masas metálicas) para abastecer las redes de baja tensión, ya sean de alumbrado público o redes de distribución (para una urbanización de viviendas por ejemplo). Se alimentan en Alta Tensión.

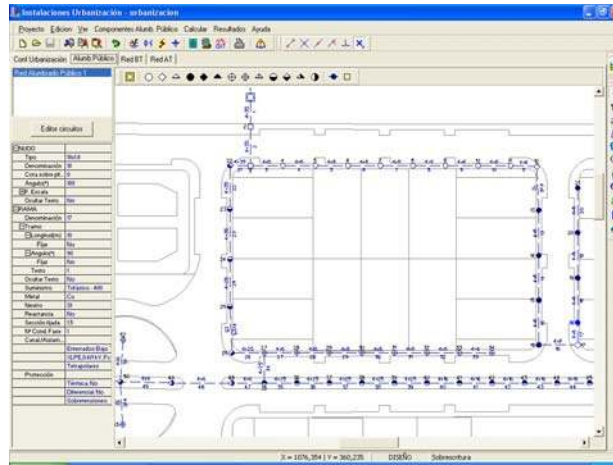
Las redes citadas pueden realizarse en disposición mallada y/o ramificada, con cualquier tipo de canalización (aérea, subterránea, interior, etc) y cualquier metal (Cu, Al, Al-Ac, etc).

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, paneles FV, 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 y calcular varios circuitos en un mismo proyecto.

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

¿Cómo realizar un proyecto?



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).

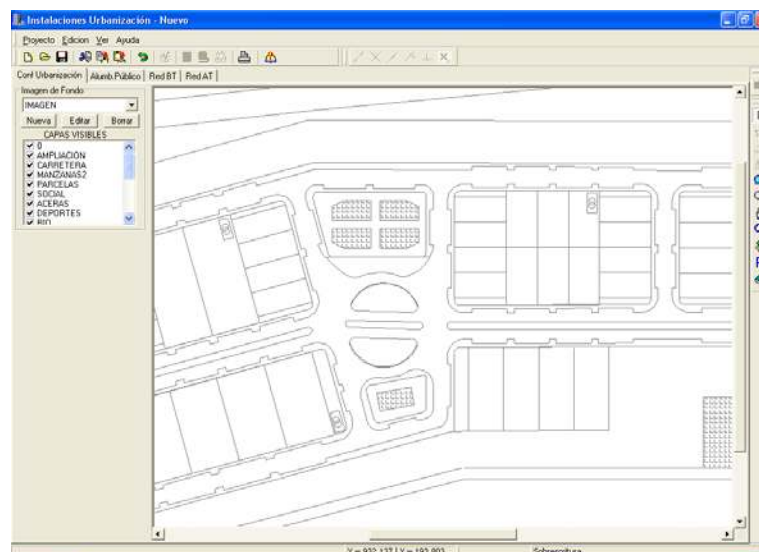
También es conveniente haber hecho un estudio previo de las instalaciones, analizando la ubicación de los transformadores, paneles FV, aerogeneradores, cuadros de mando, luminarias, arquetas, apoyos, conexión con la red AT si es necesario, etc, y estudiando el trazado idóneo de la red eléctrica.

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).

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 o solar 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 *Estudio de Necesidades* en Instalaciones FV y eólicas, para saber el nº de módulos fotovoltaicos que son necesarios y la potencia de los aerogeneradores.
- 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). En el programa de Renovables habrá que calcular la instalación primaria en un circuito y la secundaria en otro, según se verá.
- 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.
- El programa de RENOVABLES no permite calcular la instalación paneles/aerogenerador-batería y batería-cargas en un mismo circuito, habrá que dividir la instalación en dos. Tampoco será posible

¿Cómo realizar un proyecto?

tener dos tensiones en un mismo circuito, si en una instalación se presenta esta circunstancia habrá que subdividirla en dos (por ejemplo, en un circuito la parte de corriente continua y en otro la parte de alterna, etc).

- 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.

- 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, 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 **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.

- 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

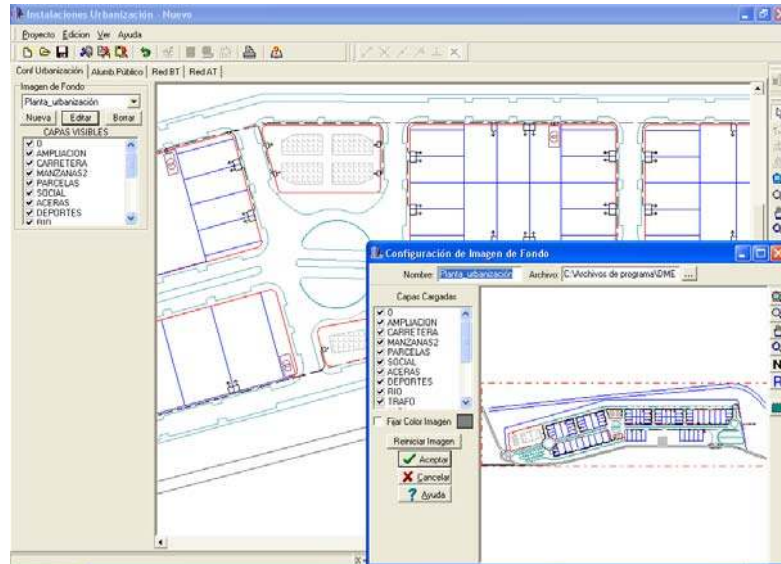
- **Descripción básica del módulo**
- **Operatividad del módulo**

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 o solar donde se situará la instalación renovable.

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".

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 redibuja). 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:

| TIPO DE VIA | VALORES MINIMOS | | VALORES NORMALES | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|
| | Iluminación Media lx | Factor de Uniformidad | Iluminación Media lx | Factor de Uniform. |
| Carreteras de las redes básica o afluyente | 15 | 0.25 | 22 | 0.30 |
| Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes básica o afluyente | 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.

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.
- 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

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

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.

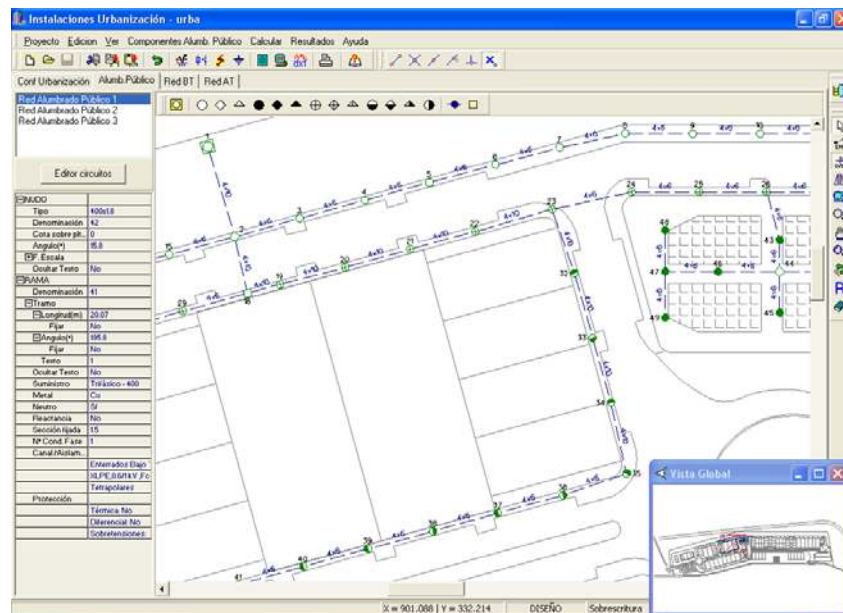
- 1 Ud. contactor.
- 1 Ud. interruptor diferencial.
- 1 Ud. célula fotoeléctrica.
- 1 Ud. interruptor horario.
- 1 Ud. interruptor magnetotérmico.
- C/c fusibles para protección de circuitos a células y contactores de 6 A.

Descripción básica del programa

Este módulo permite dibujar y calcular eléctricamente redes de alumbrado público con distribución mallada (sólo en redes a 2 hilos (F-N) o (F-F)) y ramificada, con cualquier sistema de canalización, suministro y metal (cobre o aluminio). 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 (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 - Cálculo - 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.

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

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).

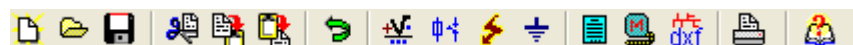
El Menú **Cálculos** permite calcular el proyecto a calentamiento y caída de tensión, la protección a sobrecargas, la protección a cortocircuito y la puesta a tierra de la instalación.

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 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.

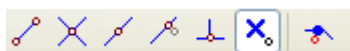
 Generar el plano de planta de la red eléctrica en fichero DXF para ser leído desde un programa de diseño asistido por ordenador (CAD) o un tratamiento de textos.

 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.

 Aproxima a nudo verticalmente.

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*.

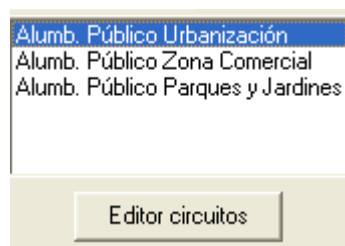
-  Luminaria de 70 W.
-  Luminaria de 80 W.
-  Luminaria de 100 W.
-  Luminaria de 400 W.
-  Luminaria de 600 W.
-  Luminaria de 700 W.
-  Luminaria de 1000 W.

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).

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.

| | |
|-----------------------|-------------------------------|
| -NUDO | |
| Tipo | |
| Denominación | |
| Cota sobre plta(m) | 0 |
| Angulo(°) | |
| ±F. Escala | |
| Ocultar Texto | No |
| -Datos Partida Cc | |
| IkMax(kA) | 12 |
| IkMin(kA) | 7 |
| Fijar Fase | No |
| -RAMA | |
| Denominación | 1 |
| -Tramo | |
| -Longitud(m) | 29 |
| Fijar | No |
| -Angulo(°) | 270 |
| Fijar | No |
| F.Escala Texto | 1 |
| Ocultar Texto | No |
| Metal | Cu |
| Reactancia | No |
| Sección min.(mm²) | 1.5 |
| Canal./Aislam./Polar. | |
| | Enterrados Bajo Tubo (R.Subt) |
| | 0.6/1 kV, XLPE, Fc:1 |
| | RV-K Eca, Tres Unipolares |
| Protección | |
| | Térmica: Automático |
| | Diferencial: 30 mA |
| | 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, la opción ocultar texto permite ocultar o visualizar el texto asociado al nudo, los datos Partida Cc nos dan información del cortocircuito máximo y mínimo en el Cuadro General y Fijar Fase nos permite asignar una luminaria a una Fase R, S o T para hacer el equilibrado de la red; el programa hace ya de por sí un reparto automático al calcular.

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 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, 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), 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**.



Módulo I: Redes de Alumbrado 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.


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 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 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 %).




Módulo I: Redes de Alumbrado Público


 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:

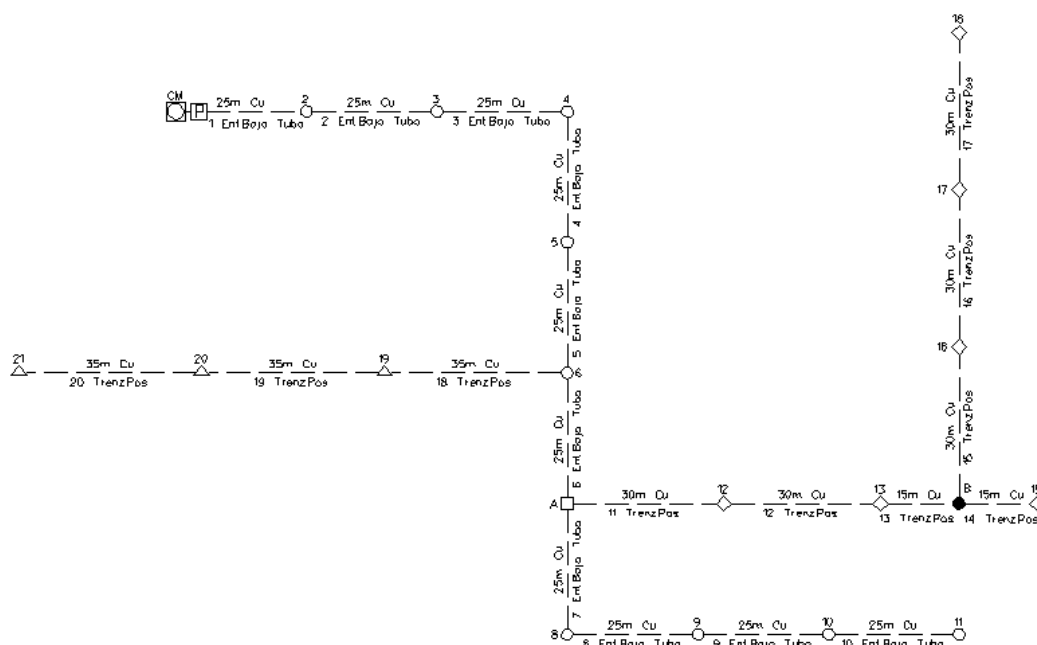
- Mediante la opción del menú "Ver" o directamente desplegando el menú flotante que se activa haciendo un clic sobre el botón derecho del ratón, en la zona de edición gráfica (Resultados de Nudos, Líneas y Cortocircuito).

- 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 pasados* (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.

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*.

Módulo I: Redes de Alumbrado Público

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 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 siguiente 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.

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.

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en 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.

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.

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.

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

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

- 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 próximas 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.

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:

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

- 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 linda 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, 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.

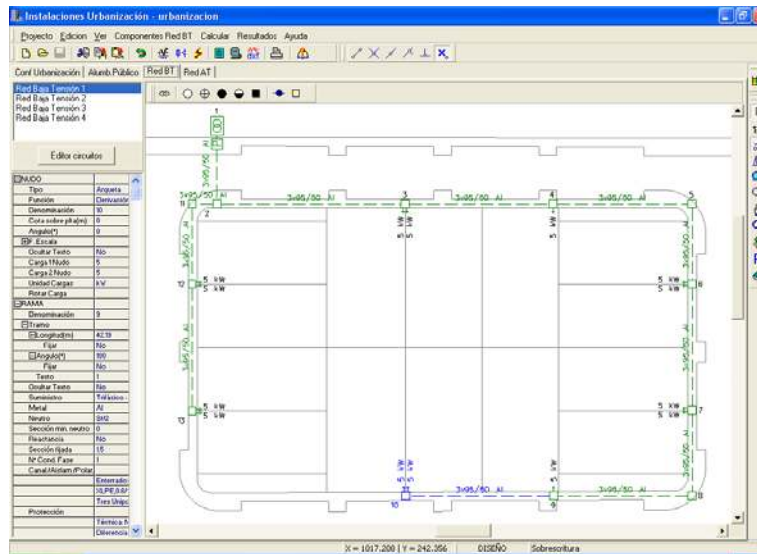
Zona 5: Paleta de **Componentes gráficos**.

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, fixar 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.

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

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).

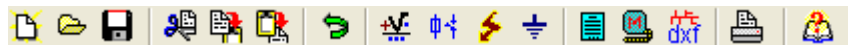
El Menú **Cálculos** permite calcular el proyecto a calentamiento y caída de tensión, la protección a sobrecargas y la protección a cortocircuito.

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 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.

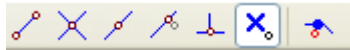
 Generar el plano de planta de la red eléctrica en fichero DXF para ser leído desde un programa de diseño asistido por ordenador (CAD) o un tratamiento de textos.

 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.

 Aproxima a nudo verticalmente.

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*.

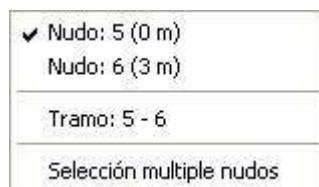
La opción *intersección* permite introducir un nudo tomando como referencia la intersección de dos líneas de la imagen de fondo. Si se hace sobre la intersección de dos líneas o ramas de la propia red el programa hace automáticamente un enlace; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar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

La opción *aproxima a nudo verticalmente* permite introducir un nudo verticalmente sobre otro (en planta se verían solapados); el programa lo permite poner si la cota del nudo a introducir es diferente del nudo del que parte la rama; también nos permite mover un nudo y aproximarlos verticalmente sobre otro. Cuando 2 o más nudos se encuentren situados verticalmente al hacer un clic en el centro nos saldrá una ventana emergente que nos permite seleccionar un nudo o todos a la vez; también nos permite seleccionar un tramo entre nudos verticales si están unidos entre sí.



Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

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.).

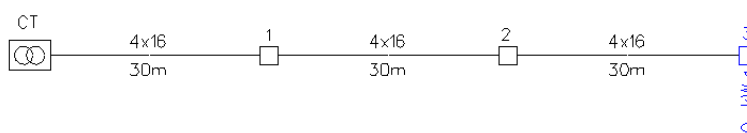
 Caja de Derivación o punto de conexión a una red existente. Se suele utilizar este elemento cuando se vaya a proyectar una red que enlaza con otra ya existente y no de un centro de transformación. En este caso resulta aconsejable analizar la c.d.t. (%) producida en dicha red existente, con el fin de 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

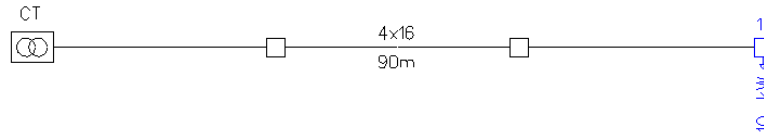
-  Poste, en general (para redes aéreas, normalmente en el medio rural).
-  Poste de madera (para redes aéreas, normalmente en el medio rural).
-  Poste metálico (para redes aéreas, normalmente en el medio rural).
-  Poste de hormigón (para redes aéreas, normalmente en el medio rural).
-  Apoyo de celosía (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



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.

| | |
|--------------------|-------------------------|
| [-] NUDO | |
| Tipo | Arqueta |
| Función | Derivación |
| Denominación | 2 |
| Cota sobre plta. | 0 |
| Angulo(*) | 344.67 |
| [+/-] F. Escala | |
| Ocultar Texto | No |
| Carga 1 Nudo | 5.75 |
| Carga 2 Nudo | 5.75 |
| Unidad Cargas | kW |
| Rotar Carga | |
| [-] RAMA | |
| Denominación | 1 |
| [-] Tramo | |
| [-] Longitud(m) | |
| Fijar | No |
| [-] Angulo(*) | |
| Fijar | No |
| F.Escala Tex... | 1 |
| Ocultar Texto | No |
| Suministro | Trifásico-400 |
| Metal | Al |
| Neutro | SN2 |
| Sección min. n... | 0 |
| Reactancia | Si |
| Xu (mOh/m) | 0.1 |
| Sección min.(m... | 1.5 |
| Canal./Aislam./... | |
| | Enterrados Bajo Tubo (F |
| | 0.6/1 kV, XLPE, Fc:1 |
| | RV-Al, 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. Si el nudo es transformador o una caja de derivación (nudos de partida de la red) se indicarán los datos de partida de cortocircuito; para Trafo aparecerá la potencia de cortocircuito de la red de Alta Tensión y la potencia del Trafo y para caja de derivación se indicará la corriente de cortocircuito máxima y mínima en kA (modificable por el usuario).

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 (en modo diseño se fijaría una sección mínima de partida), la Canal./Aislam./Pol


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 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** **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 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 Red BT**.



Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

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*  (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).


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).

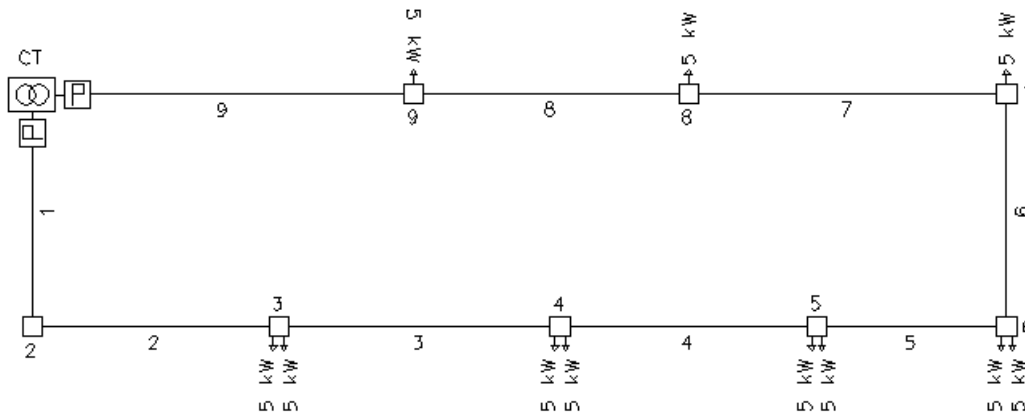
Los *apoyos* (poste en general , poste de madera , etc) representan puntos de sujeción del cable en una línea aérea. Pueden ser nudos de paso (llegada y salida sin más), derivación (una llegada y varias salidas) o consumo (indicando la potencia del abonado conectado a la red eléctrica).


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.

Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

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 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.

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).

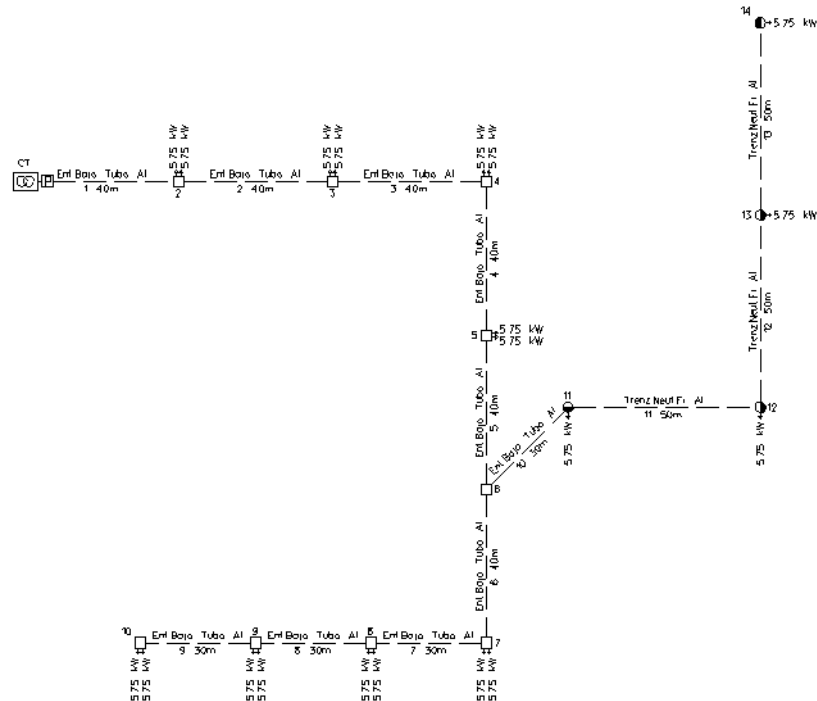
- Mediante la opción del menú "Resultados" o directamente pinchando los iconos activos de la barra de botones  (Anexo de Cálculos, Medición y Esquemas en fichero DXF).

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

Ejemplo práctico resuelto


Con el objetivo de dotar de suministro eléctrico a una serie de parcelas de una urbanización de viviendas, se pretende ejecutar una red de distribución de baja tensión con parte subterránea y parte aérea. Al ser la viviendas de grado de electrificación básico, la previsión de potencia por parcela será de 5,75 kW (ITC-BT-10). En la zona izquierda de la urbanización se instalarán cajas de protección y medida aptas para dos abonados (cada una de ellas contiene dos fusibles y dos contadores), situadas en la medianería de las parcelas. Estas serán alimentadas por una misma acometida subterránea (esquema 2.2.1. de la ITC-BT-12). En la zona derecha de la urbanización se instalarán cajas de protección y medida aptas para un único usuario, alimentadas desde la parte aérea de la red de distribución (esquema 2.1. de la ITC-BT-12).




Supongamos que la compañía suministradora, al existir más de 3 CGP's, permite calcular la red considerando un coeficiente de simultaneidad del 80 %.



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 (nodos) 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: Sl* 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.


Módulo II: Redes Eléctricas de Distribución en Baja Tensión

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).

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.

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,

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

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.

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.

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.

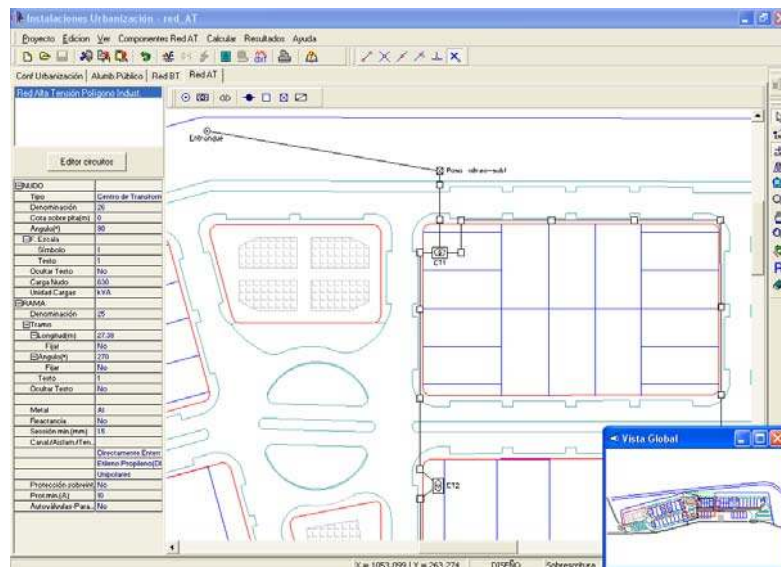
Zona 5: Paleta de **Componentes gráficos**.

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**.



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








Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

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.

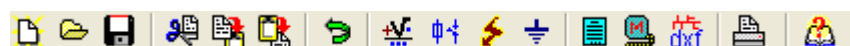
El Menú **Cálculos** permite calcular el proyecto a calentamiento y caída de tensión, la protección a sobrecargas y la protección a cortocircuito.

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.

 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.
-  Aproxima a nudo verticalmente.

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

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

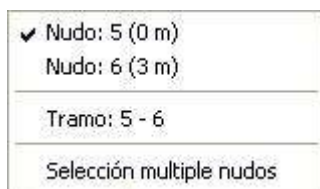
automáticamente un enlace; en este caso, el aspecto del cursor del ratón pasa de indicar sólo *Intersección* a indicar *Intersección – Enlace*.

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*.

La opción *aproxima a nudo verticalmente* permite introducir un nudo verticalmente sobre otro (en planta se verían solapados); el programa lo permite poner si la cota del nudo a introducir es diferente del nudo del que parte la rama; también nos permite mover un nudo y aproximarlos verticalmente sobre otro. Cuando 2 o más nudos se encuentren situados verticalmente al hacer un clic en el centro nos saldrá una ventana emergente que nos permite seleccionar un nudo o todos a la vez; también nos permite seleccionar un tramo entre nudos verticales si están unidos entre sí.



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.

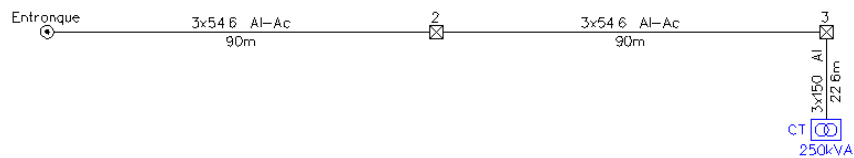
 Arqueta (para redes subterráneas con conductores aislados, normalmente bajo aceras o firme alquitranado). Sus dimensiones están normalizadas por las compañías distribuidoras de la energía eléctrica.

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

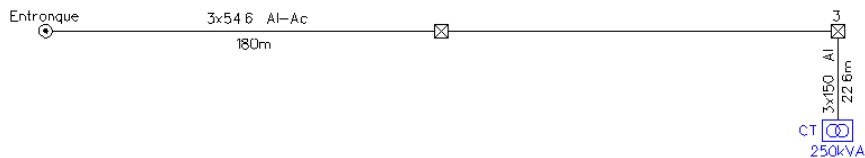
 Centro de reflexión. Es utilizado por las compañías suministradoras como elemento (envolvente, etc) donde cerrar o unir redes ramificadas y convertirlas, por lo tanto, en redes con tipología mallada.

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.

| | |
|--------------------------------|----------------------|
| [-] NUDO | |
| Tipo | Centro de Transforma |
| Denominación | CT1 |
| Cota sobre plta(m) | 0 |
| Angulo(*) | 152.65 |
| [+/-] F. Escala | |
| Ocultar Texto | No |
| Carga Nudo | 630 |
| Unidad Cargas | kVA |
| [-] RAMA | |
| Denominación | 1 |
| [-] Tramo | |
| [-] Longitud(m) | 295 |
| Fijar | No |
| [-] Angulo(*) | 332.65 |
| Fijar | No |
| F. Escala Texto | 1 |
| Ocultar Texto | No |
| Metal | Al |
| Reactancia | Si |
| Xu (mOh/m) | 0.15 |
| Sección min.(mm ²) | 1.5 |
| Canal./Aislam./Te.. | |
| | Entrada Bajo Tubo, l |
| | XLPE |
| | RHZ112/20 H16, Unipo |
| Protección sobre.. | No |
| Prot.min.(A) | 10 |
| Autoválvulas-Par.. | 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 sobreintensidades (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 .

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

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 *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 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 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 ($U > 1000$ V) en baja tensión ($U \leq 1000$ 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,

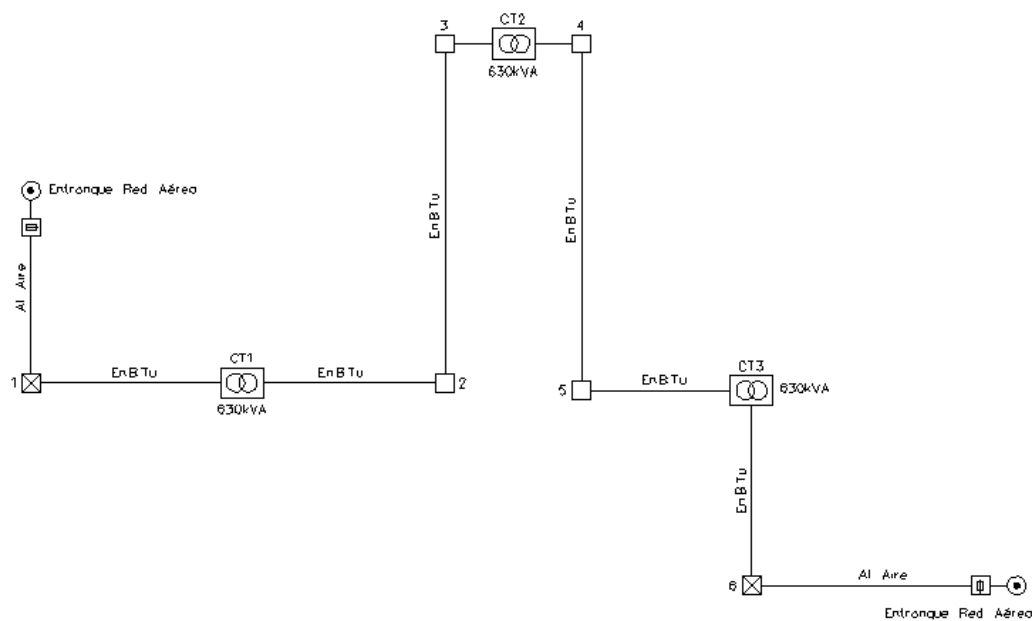
celdas de línea). Estas celdas se ubican en las envolventes de los propios centros de transformación o centros de seccionamiento y distribución.

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.



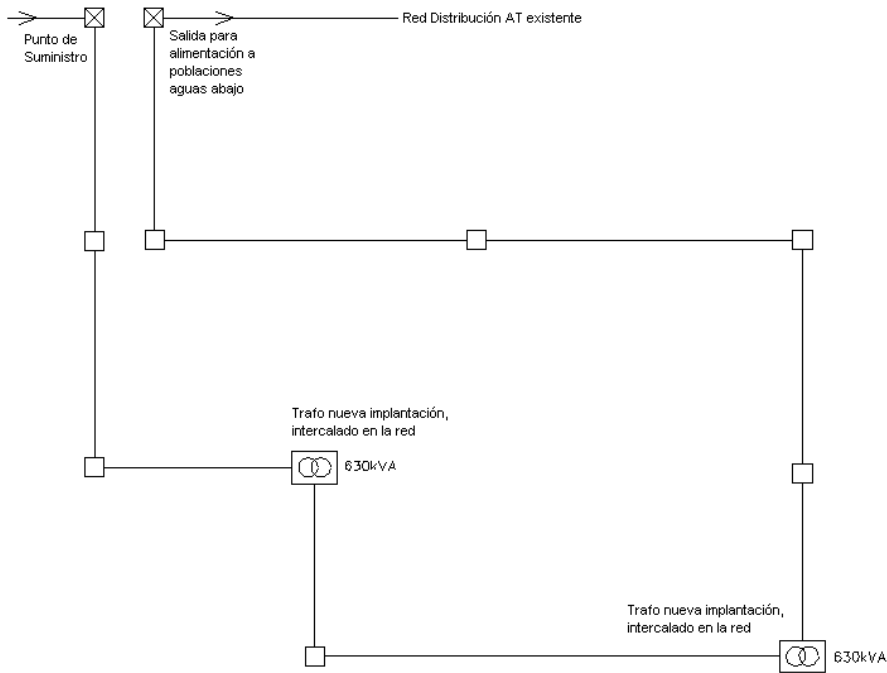
Para calcular las protecciones se debe abrir la red mallada o con doble alimentación por el punto que estime la compañía suministradora (el más desfavorable, el punto de mínima tensión, etc). Si se desea comprobar la red abriendo por el punto de mínima tensión, por ejemplo, el usuario podrá apreciar 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).

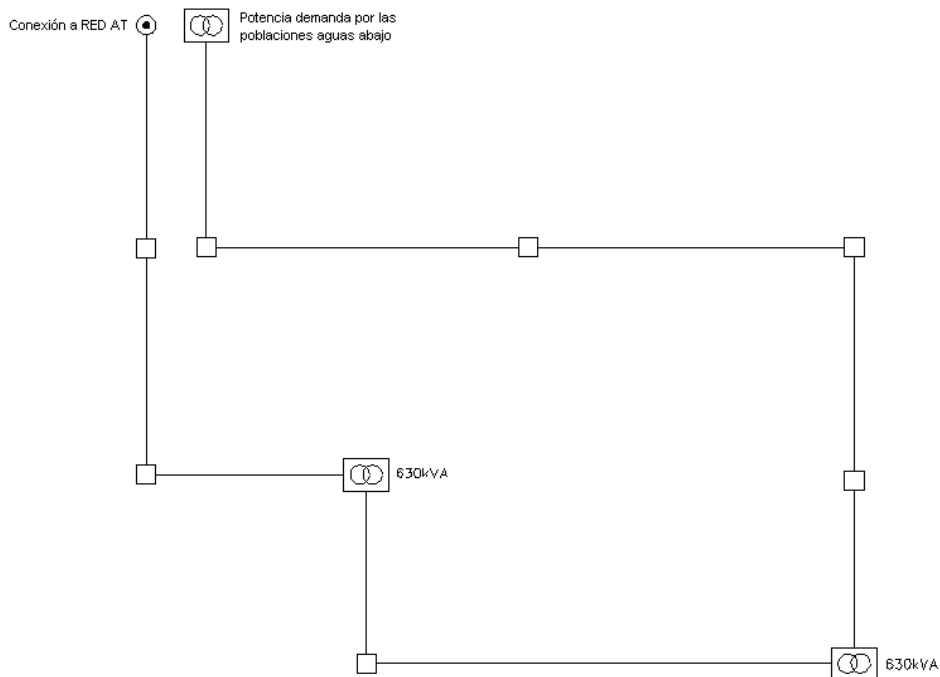
Otro caso muy común se da cuando se quiere realizar un bucle en la red de la compañía, alimentando a varios centros de transformación conectados en serie (intercalados en la red de distribución).




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:









El nodo de la izquierda sería una *conexión a red AT* , los nodos 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).

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

Por defecto, los nodos 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 nodos 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*.


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, 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 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).

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión

- 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).

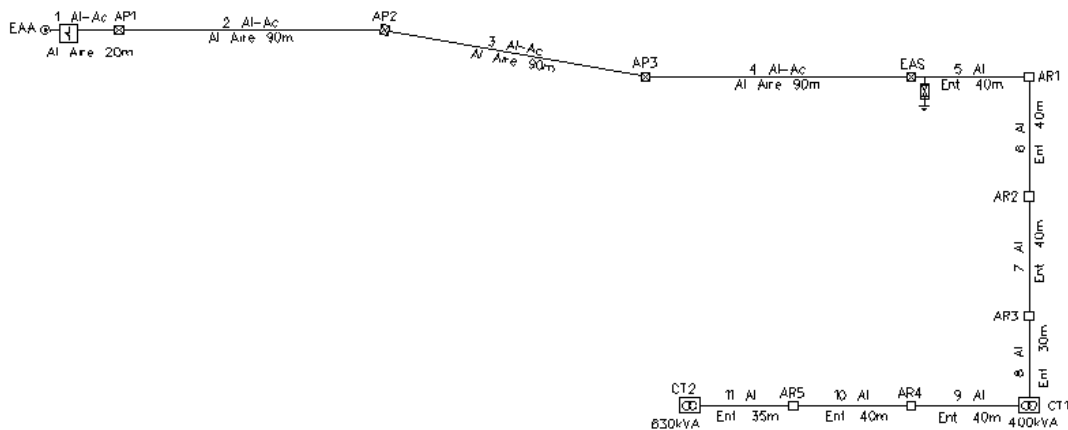
La tensión existente en la línea eléctrica de alta, sobre la que se efectuará el entronque, es de 20.000 V, según datos de la compañía suministradora.

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 obligar a calcular la red para una simultaneidad del 100 %.

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




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*.


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*.

Módulo III: Redes Eléctricas de Distribución en Alta Tensión


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:


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.

Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica

- **Criterios técnicos de diseño**
- **Descripción básica del programa**
- **Configuraciones básicas**
- **Ficha para Estudio de Necesidades**
- **Filosofía de trabajo**
- **Ejemplo práctico resuelto**

Criterios técnicos de diseño "Instalación Fotovoltaica"

Una instalación fotovoltaica tiene como objetivo producir energía eléctrica a partir de la energía solar. Esta generación de energía eléctrica, sin emisión de contaminantes, se produce como resultado de la captación directa de energía solar y mediante la intervención del llamado efecto fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos, formados por células fotovoltaicas, son los dispositivos que transforman directamente la radiación solar en energía eléctrica en corriente continua. La batería o acumulador es el componente que almacena la energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos, por el carácter aleatorio de la energía solar, en caso de no ir conectada la instalación a la red. El regulador es el que controla el proceso de carga y, en ocasiones, el de descarga de la batería. Y finalmente es el inversor el que transforma la corriente continua en corriente alterna a 50 Hz.

Efecto Fotovoltaico. Células fotovoltaicas

La transformación de la radiación solar en energía eléctrica se realiza mediante un dispositivo denominado célula fotovoltaica. El proceso que realiza esta transformación se denomina efecto fotovoltaico, y se produce cuando la radiación solar incide sobre un material semiconductor.

Las células fotovoltaicas están formadas fundamentalmente por silicio, elemento químico que cuenta con 4 electrones de valencia, lo que significa que están disponibles para unirse con los electrones de valencia de otros átomos. De este modo, en una configuración de cristal de silicio químicamente puro, cada átomo estará unido de forma covalente con otros 4 átomos de manera que dentro del cristal no habrá, como consecuencia del enlace químico, electrones libres.

Sin embargo, si este cristal es dopado mediante la adición de átomos de fósforo (elemento que tiene 5 electrones de valencia), entonces 4 de estos electrones formarían enlaces químicos con átomos adyacentes de silicio y el electrón sobrante quedaría liberado (con libertad de movimiento en el interior del retículo del cristal). En este caso, el material es llamado *semiconductor tipo n* (portadores de carga libres con potencial negativo).

Por otra parte, si el cristal de silicio es alterado con átomos de boro, que sólo tiene 3 electrones de valencia, se llegaría a una situación en la que sería necesario un electrón adicional para completar los enlaces químicos con los átomos adyacentes de silicio. Este electrón que falta es denominado como "huevo" y la estructura así creada se denomina *semiconductor tipo p* (portadores de carga positivos).

En ambos casos, la carga eléctrica neta del cristal sigue siendo rigurosamente cero, ya que cada átomo tiene igual número de protones que de electrones, equilibrándose sus cargas. Los nombres "positivo" y "negativo" hacen referencia a una carga aparente que queda libre en la red cristalina, pero no a un estado eléctricamente descompensado.

Si un semiconductor tipo p se dispone adyacente a un semiconductor tipo n, entonces algunos electrones libres de la región N pueden difundirse hasta la zona P, atravesando la frontera entre ambas y ocupando los huecos libres de la misma. Así, la zona inmediata a la frontera de separación queda ahora cargada negativamente en el semiconductor tipo p, y positivamente en el n, creándose de esta forma una típica *unión P-N*, en la cual el campo eléctrico creado como consecuencia del paso de las cargas antes mencionado establece una barrera de potencial que impide que el proceso de paso de electrones continúe indefinidamente (situación de equilibrio).

En estas condiciones, si un fotón (partícula que constituye un rayo solar) incide sobre la región tipo p del material, y dispone de la energía térmica suficiente para romper un enlace del retículo del silicio, entonces resultarán electrones liberados que se trasladarán hacia la zona n gracias al potencial eléctrico existente en la unión. En cambio, si el fotón incidiese sobre la zona n, los huecos creados (por la liberación de los electrones) se moverían hacia la zona p. Este flujo va a tener como consecuencia la acumulación de cargas positivas en la zona p y de cargas negativas en la zona n, dando origen a un campo eléctrico opuesto al creado por el mecanismo de difusión.

Cuanto mayor sea el número de fotones que incide sobre la unión, mayor será el valor del potencial creado, hasta llegar a un valor umbral que determina la tensión a circuito abierto (en vacío) de la célula fotovoltaica.

Mediante los contactos existentes en la célula, podrá disponerse un circuito exterior por el que circulará una corriente eléctrica (habremos constituido una pila generadora de energía eléctrica).

La diferencia de potencial existente entre los extremos de la célula FV se debe a la separación espacial de los portadores fotogenerados, pero estos portadores sólo se mantienen libres durante un tiempo limitado, al cabo del cual se recombinan y pierden su capacidad de formar parte de una corriente eléctrica. Esto confiere al efecto fotovoltaico un carácter dinámico, es decir, su aprovechamiento dependen de la presencia continuada de portadores fotogenerados capaces de mantener la diferencia de potencial en los extremos de la célula, lo que inevitablemente requiere la presencia de radiación solar incidente.

Por lo tanto, la célula FV no es acumulador eléctrico, su capacidad de generar energía está supeditada a la presencia de radiación solar incidente sobre ella.

Módulo Fotovoltaico. Campo fotovoltaico

Las células solares a base de silicio cristalino se caracterizan por su reducida capacidad de generar potencia eléctrica (puesto que cada célula puede suministrar del orden de 0,5 V) y su fragilidad y vulnerabilidad frente a los agentes externos. Para su manejo y utilización práctica se unirán entre sí formando lo que se denomina un *módulo fotovoltaico*, resultando una estructura compacta, manejable y resistente.

Los módulos FV con células de silicio cristalino suelen comercializarse como unidades de unos 12 a 48 V (en corriente continua) y con potencias entre 50 y 200 W, de modo que en determinadas aplicaciones será necesario asociar varias de estas unidades para satisfacer los requerimientos eléctricos de tensión, corriente y potencia. En términos generales, sus tamaños oscilan entre 0,5 y 1 m² y su durabilidad en más de 30 años.

La curva de funcionamiento I-V de un módulo fotovoltaico es la que marca sus características eléctricas, siendo las principales:

- Corriente de cortocircuito (I_{sc}), que se generaría si se cortocircuitaran las bornas del módulo.
- Tensión en circuito abierto o de vacío (V_{oc}), que es voltaje máximo generado por un módulo en condiciones de circuito abierto (resistencia entre bornes infinita).
- Potencia máxima o pico (P_{max}), que es el valor máximo de potencia generada por el módulo en unas determinadas condiciones de tensión e intensidad y en las condiciones estándar.
- Voltaje de máxima potencia (V_{mpp}), que es el valor de tensión que produce la máxima potencia. Su valor corresponde aproximadamente al 80 % de la tensión en circuito abierto.
- Corriente de máxima potencia (I_{mpp}), que es el valor de intensidad que produce la máxima potencia.
- Eficiencia, que es el cociente entre la potencia máxima generada por el módulo y la potencia de la radiación incidente en las condiciones estándar.

Nota: Las condiciones estándar de medida (CEM) son:

- Irradiancia en el plano del módulo: 1000 W/m².
- Temperatura del módulo: 25 °C.
- Distribución espectral de la irradiancia de acuerdo con el factor de masa de aire: 1,5.

Las partes principales de un módulo fotovoltaico son:

- Vidrio: vidrio templado con un alto coeficiente de transmisividad a la radiación incidente (del orden del 95 %).
- Cubierta posterior: lámina delgada opaca de un polímero. En integración arquitectónica se suele colocar un polímero transparente con otro vidrio.
- Encapsulante: para poder ensamblar correctamente el módulo, se utiliza otro polímero transparente.
- Marco y caja de conexiones: perfiles de aluminio, sellados, situando la caja de conexiones en la cara posterior del módulo.

Al conjunto formado por una estructura de varios módulos FV interconectados se le denomina *panel fotovoltaico*.

El campo fotovoltaico lo forman uno o más módulos o paneles FV conectados entre sí. La conexión de los módulos puede ser en serie o en paralelo, así como combinaciones de ambas conexiones, siempre en función de las características que se deseen obtener a la salida del campo fotovoltaico (I, V).

La tensión e intensidad de salida del campo fotovoltaico vendrán dadas por:

- La suma de las tensiones de los módulos y la intensidad de un módulo, si están conectados en serie.
- La suma de las intensidades de los módulos y la tensión de un módulo, si están conectados en paralelo.

Si en un grupo de varios módulos conectados en serie uno de ellos falla, bien por avería interna o por recibir temporalmente sombra, dicho módulo se convierte en una carga resistiva que dificultará el paso a su través de la corriente generada por los demás módulos de la serie. Para prevenir esta circunstancia, los módulos conectados en serie se dotarán de un pequeño elemento denominado *diodo de by-pass o de derivación*, conectado en paralelo entre sus terminales.

Por otra parte, la estructura que soporta los paneles puede estar dotada de un sistema de seguimiento continuo de la posición del sol, con el fin de aprovechar al máximo la radiación incidente, tanto a lo largo del día como en diferentes épocas del año.

Almacenamiento de energía eléctrica. Baterías

Dada la aleatoriedad de la intensidad de la radiación solar, y que la demanda de energía eléctrica no tiene porqué coincidir temporalmente con las horas de radiación, es imprescindible disponer de un acumulador de energía o baterías que almacene la energía eléctrica generada por el campo fotovoltaico, asegurando así el

Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica

suministro para la demanda para la que se haya dimensionado la instalación. Este componente sólo se encuentra en las instalaciones aisladas de la red eléctrica, ya que las instalaciones conectadas a red inyectan toda la energía producida a la red en el momento de la generación, y por tanto este componente carece de utilidad.

Según lo comentado, un acumulador electroquímico, o simplemente batería, será un dispositivo capaz de almacenar o entregar la carga eléctrica que interviene en las reacciones electroquímicas que tienen lugar durante su funcionamiento, manteniendo una diferencia de potencial prácticamente constante entre sus dos terminales de conexión externos.

Al igual que se dijo que la célula FV era el dispositivo básico de generación de electricidad, se puede decir que la *celda electroquímica* es el dispositivo básico de acumulación de electricidad. En esencia, estará constituida por:

- Un par de electrodos, formados por material activo que interviene en las reacciones electroquímicas y entre los que se establece una diferencia de potencial capaz de generar corriente eléctrica a través de un circuito externo.
- El electrolito, sustancia acuosa que sirve como medio conductor de la corriente eléctrica entre ambos electrodos.
- Normalmente, los acumuladores electroquímicos contienen varias celdas unidas de forma conveniente para conseguir una diferencia de potencial y una capacidad de acumulación adecuadas para su uso práctico.

El principal parámetro que caracteriza el funcionamiento de una batería es su *capacidad nominal* (Ah), que indica la cantidad de corriente que puede proporcionar una batería completamente cargada, durante un tiempo determinado y hasta que la tensión en las celdas se reduzca a un valor concreto, momento en que dicha batería se considera completamente descargada. La capacidad de una batería va siempre ligada a un subíndice que indica el tiempo de descarga al que corresponde la capacidad especificada. Así, una capacidad C_{100} igual a 200 Ah indica que la batería puede proporcionar 2 amperios de corriente durante un tiempo igual a 100 horas, pero para conocer los amperios que puede entregar durante otro tiempo de descarga, no se podrá hacer una simple regla de tres, sino que habrá que recurrir a los datos facilitados por el fabricante (la variación de la capacidad con respecto al tiempo de descarga no es lineal).

La capacidad de almacenamiento de las baterías es variable y puede proporcionar la autonomía necesaria para los días sin radiación solar.

Otro parámetro de interés práctico es la *profundidad de descarga*, que indica la relación porcentual entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal.

La inclusión de baterías en una instalación fotovoltaica permite fijar una tensión de referencia de funcionamiento de las mismas, estableciéndose así un punto de trabajo óptimo del campo fotovoltaico. Por otra parte, permitirá a la instalación soportar puntas de consumo superiores a la nominal.

Las baterías más utilizadas son las *estacionarias*, concretamente las de plomo-ácido; su principal característica es que son capaces de permanecer largos periodos de tiempo totalmente cargadas y, además, son capaces de resistir descargas profundas de forma esporádica.

Se pueden simplificar en dos tipos:

- Monobloc: como su propio nombre indica, están formadas por un solo bloque; es decir, no es necesario asociarlas para obtener, por ejemplo, 12 V. Son de menor capacidad que las de un vaso o elemento. Se utilizan en pequeñas instalaciones de poca potencia.
- Elementos o vasos: son baterías que se encuentran separadas en células independientes. Como la tensión de un vaso o célula es del orden de 2 V, será necesario conectarlas en serie hasta obtener la tensión del campo fotovoltaico. Estas baterías son de mayor capacidad que las monobloc.

En ambos casos, el material que las cubre permitirá ver el interior (transparentes) o no (translúcidas).

Las baterías de electrolito líquido son abiertas, húmedas, inundadas y ventiladas, requiriendo un emplazamiento adecuado y señalizado, pues la mezcla del oxígeno con el hidrógeno puede llegar a ser explosiva. Por el contrario, en las baterías herméticas (sin mantenimiento) no se tendrá acceso al interior de las mismas, en relación con los materiales activos y las reacciones de carga y descarga. Este tipo de baterías suelen ser selladas gelificadas, presentando un electrolito mucho más denso, por lo que no se derraman y pueden montarse en cualquier posición.

El uso de baterías de níquel-cadmio en sistemas fotovoltaicos se restringe a instalaciones que requieran un alto nivel de fiabilidad o que trabajen a temperaturas muy extremas. Son mucho más caras que las de plomo-ácido y sus componentes altamente tóxicos para el medio ambiente.

Regulador

La función principal de este elemento es la de proteger las baterías de la sobrecarga y descarga excesiva, además de actuar como indicador de carga de las baterías. La vida de la batería dependerá fundamentalmente de la buena elección y programación del regulador.

Otro de los aspectos diferenciadores de un regulador es la forma en que se realiza la interrupción del paso de corriente hacia la batería. En los reguladores tipo *serie*, esta interrupción consiste en abrir la línea del circuito que une el generador FV y la batería, mediante la actuación de un dispositivo situado en serie con estos elementos (interruptores de sobrecarga y sobredescarga). La otra técnica, llevada a cabo en los reguladores tipo *paralelo o shunt*, consiste en cortocircuitar el generador FV mediante la actuación de un dispositivo de baja resistencia situado en paralelo entre éste y la batería (la corriente derivada a su través se convertirá en calor por efecto Joule, disipando dicho calor mediante unas aletas metálicas de diseño adecuado).

Según lo comentado, en instalaciones de baja potencia se utilizarán los reguladores paralelo, y para potencias mayores los reguladores serie.

Hoy en día existen ya reguladores que permiten hacer trabajar al campo fotovoltaico en su punto de máxima potencia.

Los principales parámetros de operación de un regulador son la tensión e intensidad nominal del regulador, que corresponden a la tensión nominal y a la intensidad máxima de funcionamiento de la instalación fotovoltaica.

Este equipo suele ir autoprotegido contra sobretensiones, sobreintensidades y temperaturas excesivas.

Si la instalación es pequeña, lo más seguro es que con un solo regulador conectado entre paneles y baterías sea suficiente. No obstante, para instalaciones más grandes se tenderá a agrupar paneles en diferentes reguladores, conectando todas las salidas al banco de baterías, es decir, se conectarán varios reguladores en paralelo.

Acondicionamiento de potencia. Convertidores

Tanto el generador FV como las baterías proporcionan tensión y corriente continua. En algunos casos, el valor de la tensión y el tipo de corriente generada no son los adecuados para el consumo y se hace necesaria la inclusión de un nuevo subsistema, cuya función es acondicionar o adaptar las características de las potencias generada y consumida.

Cuando parte o todo el consumo se realice en corriente continua, pero a tensión diferente de la nominal (la del generador FV y las baterías), deberá utilizarse un elemento que adapte ambos niveles de tensión, llamado convertidor CC-CC (continua-continua). La otra situación posible es que alguno, o todos los elementos de consumo, precisen un valor de tensión y un tipo de corriente similar a los proporcionados por la red eléctrica; en este caso se deberá utilizar un convertidor CC-CA (continua-alterna), también llamado inversor.

Convertidor CC-CC

La situación más frecuente, cuando las tensiones nominal y de consumo no coinciden, es que esta última sea inferior a la primera. Esto suele ocurrir en instalaciones donde el consumo es elevado y las distancias entre los distintos elementos (generador FV, baterías, etc) es grande. Al elevar la tensión de generación, por ejemplo a 24 ó 48 V (para un consumo a 12 V), la sección del cableado se puede reducir considerablemente y, con ella, el coste total de la instalación.

Un convertidor CC-CC viene especificado por su tensión nominal de entrada (o rango de tensión de entrada), su tensión nominal de salida (o rango de tensión de salida), su potencia nominal de salida y su eficiencia. Esta última es una medida de la pérdida de potencia debida a la disipación de calor y otros factores.

Convertidor CC-CA (Inversor)

En muchos sistemas FV autónomos hay elementos de consumo convencionales, diseñados para funcionar conectados a la red eléctrica de 230 Vac. Por otro lado, en los sistemas FV conectados a red la energía generada se vierte a la red eléctrica convencional, por lo que dicha energía debe tener las características eléctricas de tensión y frecuencia iguales a las de la Compañía suministradora. En ambos casos, el elemento encargado de realizar la conversión de las características eléctricas de la energía es el inversor, llamado autónomo o de conexión a red, respectivamente.

Según lo expuesto, el inversor es el dispositivo que realiza la transformación de la corriente generada en continua por el campo fotovoltaico a corriente alterna, con el fin de suministrar energía eléctrica a 50 Hz y 230 ó 400 voltios.

Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica

Un inversor viene especificado por su tensión nominal de entrada, su potencia nominal, su eficiencia y el tipo de señal que genera.

La *eficiencia* del inversor es un parámetro de gran importancia, en la medida que indica cómo se comporta éste para niveles de potencia distintos al nominal, es decir, cuando la carga conectada al inversor no es la nominal.

Otro parámetro importante es la *capacidad de sobrecarga*. El inversor deberá ser capaz de manejar una potencia varias veces superior a la nominal, durante breves períodos de tiempo, para permitir puntas de corriente originadas, por ejemplo, durante el arranque de motores.

Respecto a la forma de la onda de tensión generada, las dos más usuales son la *senoidal pura* (como la de la red) y la que el fabricante suele denominar senoidal modificada, o *trapezoidal*. Los inversores de red sólo pueden proporcionar una onda senoidal pura y bajo unas condiciones determinadas. Una onda senoidal pura está formada por una gran cantidad de pequeños escalones de tensión. A medida que se reduce el número de escalones, la onda se convierte en cuadrada modulada, un tipo intermedio entre la senoidal pura y la trapezoidal.

La buena o mala calidad relativa de la onda de tensión proporcionada por el inversor viene determinada por el comportamiento del elemento de consumo alimentado por dicho inversor. Los aparatos puramente resistivos (lámparas de incandescencia, resistencias calefactoras, etc) no advierten ninguna diferencia entre ser alimentados por uno u otro tipo de onda. Los aparatos electrónicos en general (ordenadores, televisores, impresoras láser, etc) son muy susceptibles a la señal de alimentación, debido principalmente a que las variaciones de tensión en sus elementos capacitivos (condensadores) originan puntas de corriente que afectan al funcionamiento del aparato.

Por otra parte, hay que señalar que los inversores de onda cuadrada y senoidal modificada poseen una capacidad de sobrecarga inferior a los de onda senoidal pura, lo que supone un inconveniente de cara al arranque de motores, encendido de lámparas fluorescentes, etc.

Al igual que los convertidores CC-CC, los inversores suelen tener separación galvánica y estar protegidos contra la inversión de polaridad (en la entrada), cortocircuito y sobrecarga a la salida. Además, los inversores suelen detectar la baja tensión en la entrada, protegiendo así la batería de su descarga excesiva.

Los inversores conectados directamente al campo fotovoltaico incorporan un sistema seguidor del punto de máxima potencia, de forma que el generador está siempre extrayendo la máxima potencia del sistema.

Tipología de los sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de elementos cuyo propósito es la generación de energía eléctrica aprovechable a partir de la energía radiante del sol. La caracterización de esta energía eléctrica y la aplicación a la que se destina determinan su tipología y configuración.

Sistemas FV aislados de red (autónomos)

Son aquellos que no disponen de conexión alguna con la red general de distribución eléctrica. Si el subsistema de generación está compuesto, además de por módulos FV, por otros elementos de generación eléctrica como aerogeneradores, turbinas hidráulicas, generadores diesel, etc, el sistema se denomina híbrido.

Los sistemas FV autónomos se clasifican, a su vez, en sistemas FV directos (sin acumulación) y sistemas FV con acumulación.

Sistemas FV directos

Se caracterizan por no poseer subsistema de acumulación eléctrica (baterías) ni, por tanto, subsistema de regulación de la carga, aunque pueden existir otros subsistemas de regulación o control del funcionamiento de los aparatos alimentados por los módulos FV. Estos sistemas son propios de aplicaciones donde la disponibilidad energética (eléctrica) no es un parámetro crítico y el consumo puede limitarse a los momentos en los que exista radiación solar. Este es el caso de aparatos de pequeña potencia como cargadores de baterías, etc, y sistemas de bombeo solar directo. En este último caso es frecuente la existencia de un sistema de acoplamiento entre los módulos FV y la bomba de extracción del agua, que realiza las funciones de control y acondicionamiento de potencia entre ambos.

Sistemas FV con acumulación

La gran mayoría de las aplicaciones FV autónomas requieren un suministro eléctrico estable (regulado) y con cierta disponibilidad y autonomía, de forma que su buen funcionamiento no puede verse afectado por la variabilidad (aleatoriedad) inherente a la radiación solar, y debe asegurarse su continuidad durante un cierto período de tiempo, cuando no siempre. Estos requisitos se satisfacen dotando al sistema FV de un subsistema de acumulación (baterías) y un subsistema de regulación que vele por la salud de éstas.

Las aplicaciones FV autónomas con acumulación son muchas y muy variadas, no obstante las más comunes son:

- Electrificación de viviendas. Suministro eléctrico para uso doméstico básico (alumbrado, pequeños electrodomésticos, etc) en viviendas situadas en lugares remotos y alejados de las líneas de distribución eléctrica.
- Alumbrado público. Sistemas de iluminación compactos, capaces de adaptarse a las características del lugar y las necesidades de uso.
- Bombeo de agua. Abastecimiento continuado de agua sin necesidad de depósitos acumuladores.
- Aplicaciones profesionales. Se incluyen sistemas de control, señalización, telecomunicaciones, embarcaciones, satélites artificiales, etc.

Sistemas FV conectados a red

Las instalaciones FV conectadas a red están diseñadas para verter a la red de distribución toda la energía que generan, trabajando por tanto en paralelo con ella. Este tipo de instalaciones no incluyen acumuladores.

Hay un cambio sustancial en la filosofía de funcionamiento de este tipo de sistemas con respecto a los autónomos vistos anteriormente, que se pueden resumir en la sustitución del concepto de autoabastecimiento energético, por el de venta o producción de electricidad (con fines comerciales).

Los componentes básicos de una instalación fotovoltaica conectada a red son el generador fotovoltaico, el inversor y las protecciones. Las protecciones aseguran la calidad de la energía vertida a la red actuando contra sobretensiones, sobrecorrientes y funcionamiento en modo isla. Actualmente, casi todos los inversores incluyen, en su interior, estas protecciones.

Criterios técnicos de diseño "Instalación Eólica"

Una instalación eólica tiene como objetivo producir energía eléctrica a partir de la energía del viento. Esta conversión de energía se consigue mediante una turbina eólica, que mediante un rotor transforma la fuerza del viento en energía rotatoria en un eje principal, el cual está conectado, a través de una caja de engranajes o multiplicador (cuando sea necesario), al eje de un generador eléctrico, que transforma la energía rotatoria en corriente eléctrica alterna.

De forma semejante a las instalaciones fotovoltaicas, las instalaciones eólicas pueden estar conectadas a red (vendiendo la energía generada) o pueden estar aisladas de la red, dando lugar a una instalación autónoma con baterías de almacenamiento.

También existen instalaciones híbridas (aisladas de red), donde pueden convivir instalaciones fotovoltaicas, eólicas y otras fuentes de energía (grupos electrógenos, etc).

Naturaleza y causas del viento

El viento se genera por el calentamiento desigual que sufre la tierra. El calentamiento es más intenso cerca del ecuador y durante el día, esto quiere decir que las zonas más calientes se mueven sobre la superficie de la tierra en su movimiento de rotación. Generalmente el aire caliente sube, para después circular por la parte superior de la atmósfera y caer en las zonas más frías. A nivel del suelo la circulación es en sentido inverso. El efecto combinado del desigual calentamiento de la tierra y de las fuerzas centrífugas y de Coriolis debidas a la rotación, da lugar a vientos a escala terráquea, con unas tendencias más o menos permanentes. Así existen los vientos alisios, polares o vientos del oeste como ejemplos significativos.

A una escala menor, el desigual calentamiento de la tierra puede crear brisas a escala local en costas, montañas o valles. Por ejemplo, el desigual calentamiento o enfriamiento de la tierra y el mar, que absorben o emiten distinta energía por radiación, dan lugar a brisas marinas nocturnas y diurnas. La tierra se calienta o enfría más rápidamente que el mar, de manera que durante el día el aire caliente fluye por las capas bajas del mar, donde cae el aire frío, a la tierra donde se eleva el aire caliente. Por la noche ocurre el fenómeno inverso.

También puede ocurrir que haya aire frío pesado que se desliza por las laderas causando vientos importantes. A una escala local, más pequeña, puede haber muchos otros factores que influyen considerablemente en el viento, uno de los más importantes son los obstáculos y configuraciones orográficas, que dan lugar a efectos aceleradores, por ejemplo en las colinas, que son de mucho interés para el aprovechamiento de la energía eólica.

Los meteorólogos suelen denominar a las tres escalas anteriores del movimiento atmosférico macro-escala, meso-escala y micro-escala, respectivamente. La macro-escala típica es de unos 1000 km, la meso-escala es de unos 10 a 500 km y corresponde por ejemplo a las brisas marinas, o a los vientos asociados a

Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica

cordilleras y valles. La micro-escala se refiere al tamaño de la perturbación debida a obstáculos tales como colinas o montículos, o hasta las mismas estelas de las aeroturbinas.

Modelización del comportamiento del viento

Midiendo las velocidades del viento durante un año en una zona determinada se observará que los vientos huracanados tienen una probabilidad muy baja de presentarse, mientras que la probabilidad aumenta para velocidades moderadas del viento.

Según esto, la relación entre las velocidades del viento y sus probabilidades deberá ajustarse a un tipo de distribución continua, que permita encontrar una expresión matemática para calcular la energía extraíble del viento en un periodo determinado, generalmente un año.

La función de densidad de probabilidad más flexible y más ampliamente utilizada es la distribución de *Weibull*. En dicha ecuación aparecen dos parámetros, el *factor de escala C* y el *factor de forma k*, que se deben ajustar con los datos de viento medidos en un emplazamiento concreto. El parámetro *k* suele variar entre 1,5 y 3. Para $k = 2$, la anterior distribución se conoce con el nombre de distribución de *Rayleigh*, y suele ofrecer una buena aproximación en ausencia de datos concretos. El valor de velocidad situado en la mediana de la distribución (valor central) corresponderá a la probabilidad del 50 %, lo que significa que la mitad del tiempo el viento soplará a velocidades menores a la indicada y la otra mitad lo hará a velocidades superiores. La velocidad más probable, situada en el pico de la curva, se conoce como *valor modal* de la distribución.

La distribución estadística de la distribución de velocidades varía de un lugar a otro dependiendo de las condiciones climáticas, del paisaje y de las características orográficas y superficiales del terreno.

Variación del viento con la altura

Debido a que los obstáculos cerca del suelo interrumpen el flujo de viento, la velocidad de éste típicamente se incrementa con la altura, y algunas veces puede hacerlo de manera espectacular cuando se trata de terrenos rugosos. Este efecto es tan importante que los datos de viento frecuentemente incluyen la altura a la que fueron medidos, siendo por tanto necesario extrapolar dichos valores a la altura del buje del aerogenerador.

Aerogeneradores. Curva de Potencia y Energía producida

Los fabricantes suelen ensayar sus aerogeneradores para obtener la respuesta de las turbinas en función de las diferentes condiciones del viento, determinando lo que se denomina *curva de potencia*. Esta curva representa la potencia eléctrica producida en función de la velocidad del viento a la altura del buje de aerogenerador.

Todas las curvas de potencia incluyen una velocidad de arranque (sobre 3 m/s), a la que la turbina comienza a girar, y una velocidad de desconexión (sobre 25 m/s), que si se excediera provocaría daños estructurales en la turbina. También se suele indicar el valor de la velocidad del viento nominal, para la cual la turbina produce la potencia nominal (potencia indicada en la placa de características).

De esta manera, conocida la distribución de velocidades del viento para un periodo de tiempo determinado (normalmente un año), se podrá superponer ésta con la curva de potencia del fabricante y entonces sumar la energía producida por la turbina en todo el rango de velocidades del viento representadas en dicha distribución.

Componentes de un aerogenerador

Aunque la tecnología de los grandes aerogeneradores difiere de las pequeñas turbinas para instalaciones aisladas, se puede decir que las partes principales de un aerogenerador son:

- Rotor, que incluye el buje y las palas (generalmente tres).
- Góndola, que contiene el eje principal de bajas revoluciones (conectado directamente al rotor), la caja de engranajes o multiplicador (a utilizar cuando el régimen de giro del rotor eólico y el generador eléctrico sean diferentes), el generador eléctrico de corriente alterna, el freno y los sistemas de control y orientación.
- Torre, que soporta la góndola y el rotor.

Generalmente la corriente alterna producida no es adecuada para su utilización, debiendo ser transformada primeramente en corriente continua (mediante el empleo de rectificadores) y posteriormente en corriente alterna de la frecuencia deseada (mediante el empleo de inversores). Si se trata de una instalación aislada de red (autónoma), la energía deberá ser almacenada en baterías en la fase de corriente continua, y posteriormente se transformará a corriente alterna si es necesario (en caso de existir cargas de uso doméstico convencionales).

Por otra parte, según la envergadura del aerogenerador, se suelen utilizar los siguientes sistemas de regulación de velocidad:

- Sin regulación, en la que el aerogenerador se diseña para soportar las cargas que se produzcan en todas las condiciones de operación.
- Regulación por desorientación, en el que el eje del rotor está desalineado con el plano horizontal respecto a la dirección del viento.
- Regulación por cabeceo, similar al anterior, pero en el que la desalineación se produce en el plano vertical.
- Regulación por cambio de paso, variando el ángulo de referencia de las palas.
- Regulación por pérdida aerodinámica.

Emplazamientos eólicos

El viento está siempre presente en la superficie de la tierra, pero nunca se sabe con antelación cómo va a soplar. Tiene una procedencia directa de la energía solar, pues el calentamiento desigual de la superficie de la tierra produce zonas de altas y bajas presiones. Este desequilibrio provoca desplazamientos del aire que rodea la tierra, dando lugar al viento.

El viento es aire que se mueve de un lugar a otro, y puede ser una brisa o un fuerte huracán. Siempre produce energía, pues está en movimiento. El contenido energético del viento depende de su velocidad. Cerca del suelo la velocidad es baja, aumentando rápidamente con la altura. Cuanto más accidentada sea la superficie del terreno, más freno supondrá para el viento. El viento sopla con menos velocidad en las depresiones terrestres y más sobre las colinas. No obstante, sopla con más fuerza sobre el mar que en la tierra. Es por esto, que las mejores localizaciones para turbinas se encuentren en el mar, sobre las colinas cercanas a la costa y con poca vegetación.

A la hora de ubicar una turbina eólica, siempre se considerarán los vientos predominantes del lugar. En cuanto a los efectos locales, se tendrán en cuenta los factores que modifican la velocidad del viento. El principal es el tipo de superficie por la que discurre, ya que la resistencia que oponga al rozamiento disminuirá su velocidad y viceversa, por lo que existirá una gran diferencia si estudiamos en entorno urbano, masas vegetales, terrenos rocosos, etc. También los obstáculos topográficos naturales o artificiales perturban el régimen laminar del viento, sobre todo en las capas más bajas. Al encontrar un obstáculo el viento es desviado en las direcciones vertical y horizontal y, debido a la concentración del flujo laminar, aumenta la velocidad en la parte superior y disminuye en la inferior.

Cuando se precise disminuir la velocidad del viento se podrán instalar barreras arquitectónicas o vegetales, estableciendo un control más exacto según la permeabilidad de éstas. Entre una barrera densa y otra de alta permeabilidad, la velocidad del viento varía un 25 %. La influencia de esta reducción es de un entorno de 200 metros. Sin embargo, la mejor protección se consigue mediante barreras sucesivas, distanciadas unos 500 metros. Debido al régimen laminar del viento, las protecciones a sotavento generan un área de protección hasta una distancia de veinte veces la altura de la barrera vegetal.

Los vientos en el medio urbano se ven sustancialmente modificados. Su valor es menor por la diversidad de obstáculos y barreras que se encuentran, menor en el casco que en las periferias.

Las velocidades son muy variables según las zonas, la época del año y el soleamiento. La masa edificatoria de cada población condiciona notablemente las características del viento, siendo prácticamente imposible hacer generalizaciones de comportamiento en cada territorio, por lo que se deberá estudiar con detalle cada caso particular.

Descripción básica del programa

Este módulo permite dibujar y calcular eléctricamente instalaciones fotovoltaicas y/o eólicas, con cualquier configuración (conectadas a red, autónomas, etc). 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 (panel FV, conjunto de baterías, 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.

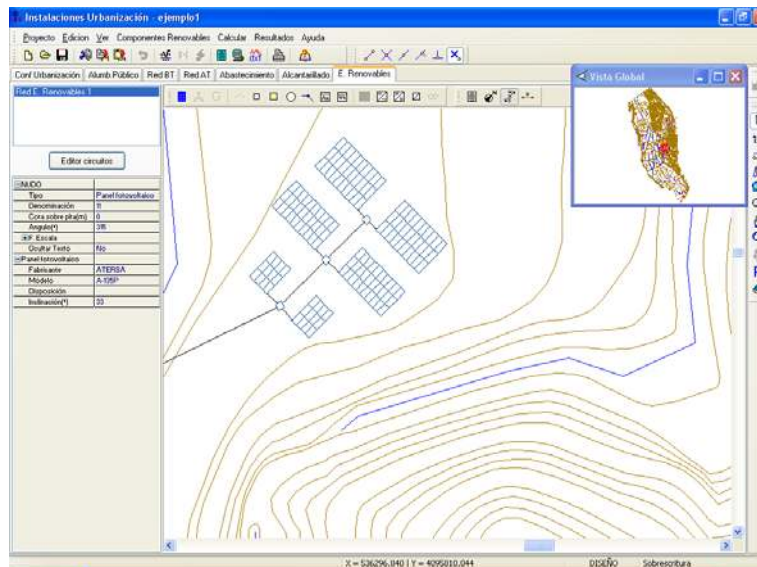
Zona 5: Paleta de **Componentes gráficos**.

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 Renovables – 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, fixar 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 nodos 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 nodos 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 nodos 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 nodos de la red, trabajar en modo orto a la hora de introducir nodos 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), renombrar los nodos y ramas en función del orden de introducción o por recorrido en profundidad, y borrar todos aquellos nodos 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 nodos, líneas, cortocircuito y mensajes, una vez se haya calculado un proyecto, visualizar el anexo de cálculos (resultados de nodos 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 nodos 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 instalación de energía renovable. La introducción de componentes se puede realizar a través de este menú o, preferiblemente (por rapidez), a través de la paleta de componentes.

El panel FV , Aerogenerador  y Generador  son los nodos que aportan la energía, el regulador  protege a las baterías contra sobrecargas y, en ocasiones, contra sobredescargas, la caja de registro, conexiones o derivación  es una envolvente donde conectar conductores eléctricos, la arqueta  es un registro de una red subterránea (puede ser prefabricada o de obra). el poste  es un punto de sujeción de cables en redes aéreas, el cuadro B.T.  es una envolvente que normalmente aloja aparataje eléctrica de

baja tensión, el cambio de dirección  es un simplemente un punto donde la red cambia de trayectoria, el contador amperios-hora  es un equipo que muestra el consumo eléctrico en función del amperaje, el contador vatios-hora  es un equipo que muestra el consumo eléctrico en función de la potencia, el bloque de baterías  es el elemento donde se almacena la energía eléctrica generada, la conexión a red  y el transformador  son nudos utilizados en instalaciones conectadas a red de corriente alterna, este icono  representa el conductor eléctrico que une los distintos elementos de la instalación la instalación entre sí, el convertidor CC-CA  es un aparato que transforma la corriente continua en corriente alterna (también llamado inversor u ondulator), el convertidor CC-CC  es un aparato que no varía la forma de onda de la corriente (entrada y salida en continua), pero sí el valor de la tensión.

Por otra parte, la Ficha para Estudio de Necesidades  permite analizar previamente las características de los equipos que son necesarios en la instalación (potencia y nº de módulos fotovoltaicos, potencia y nº de aerogeneradores, capacidad y nº de baterías, etc), también es posible definir el ángulo que forma el Norte geográfico  con el eje Y + del dibujo, así como mostrar  su dirección en la zona de edición gráfica, y por último se podrá medir la Distancia entre dos puntos  en el plano de planta de la instalación.

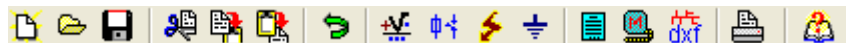
El Menú **Cálculos** permite calcular el proyecto a calentamiento y caída de tensión, la protección a sobrecargas y la protección a cortocircuito.

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.

 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 instalación.

 Calcular la protección a cortocircuito de la instalación.

 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.

Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica



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 instalación 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.



Aproxima a nudo verticalmente.

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*.

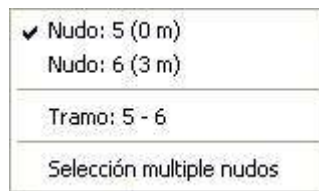
La opción *punto medio* permite introducir un nudo tomando como referencia el punto medio de una línea de la imagen de fondo. Si se hace sobre una línea o rama de la propia red el programa inserta automáticamente un nudo en mitad de la rama, dividiendo a ésta en dos partes iguales; en este caso, el aspecto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

La opción *aproxima a nudo verticalmente* permite introducir un nudo verticalmente sobre otro (en planta se verían solapados); el programa lo permite poner si la cota del nudo a introducir es diferente del nudo del que parte la rama; también nos permite mover un nudo y aproximarlos verticalmente sobre otro. Cuando 2 o más

nudos se encuentren situados verticalmente al hacer un clic en el centro nos saldrá una ventana emergente que nos permite seleccionar un nudo o todos a la vez; también nos permite seleccionar un tramo entre nudos verticales si están unidos entre sí.



La 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 y de Ayuda al diseño


Contiene todos los tipos de *componentes* necesarios para dibujar una instalación de energía renovable y opciones de ayuda para diseño. Se encuentra debajo de las pestañas de selección de instalaciones.




Nudos:

 Panel Fotovoltaico. Es el equipo encargado de convertir la energía solar en energía eléctrica de corriente continua. Estará constituido por un conjunto de módulos FV.


 Aerogenerador. Es el equipo encargado de convertir la energía eólica en energía eléctrica de corriente alterna. Mediante rectificadores, incluidos en la propia góndola, es posible obtener corriente continua (para su almacenamiento en baterías, para alimentar a los inversores, etc).


 Generador. Es un equipo encargado de generar energía eléctrica (para simular grupos electrógenos, etc).

 Regulador, para controlar el estado de carga de las baterías.

 Caja de registro, conexiones o derivación, donde empalmar conductores eléctricos.

 Arqueta, para registrar redes subterráneas.





 Poste en general, para soportar redes aéreas.

 Cuadro BT, para representar la conexión a una envolvente de baja tensión.




 Cambio de dirección, para modificar la trayectoria de una red eléctrica.

 Contador amperios-hora, para mostrar el consumo eléctrico en forma de amperaje.





Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica

-  Contador amperios-hora, para mostrar el consumo eléctrico en forma de potencia.
-  Bloque de Baterías, donde almacenar la energía renovable generada (en cc).
-  Conexión a red; es el punto donde la instalación vierte la energía con corriente alterna.
-  Centro de transformación, para variar el valor de la tensión en corriente alterna. En instalaciones para energías renovables normalmente se trata de trafos elevadores de BT a AT.

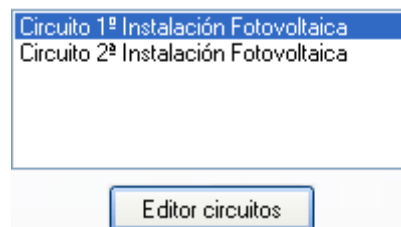
Ramas:

-  Conductor eléctrico; es la rama que nos permite unir entre sí todos los iconos anteriores
-  Convertidor CC-CA (inversor), para transformar la corriente continua en corriente alterna de una tensión y frecuencia determinadas. Es una rama y lo normal es dibujarlo entre dos cajas de registro.
-  Convertidor CC-CC, para variar el valor de la tensión en corriente continua. Es una rama y lo normal es dibujarlo entre dos cajas de registro.

Opciones de ayuda al diseño

-  Estudio de necesidades de la instalación (nº módulos FV necesarios, etc).
-  Situación de la orientación Norte respecto al plano del solar o edificio.
-  Mostrar la dirección Norte-Sur para orientar al usuario a la hora de dibujar los paneles FV.
-  Medida de la Distancia entre dos puntos, para comprobar la separación entre paneles FV, entre éstos y los paramentos más próximos, etc.

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).

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.

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| [-] NUDO | |
| Tipo | Panel fotovoltaico |
| Denominación | 1 |
| Cota sobre pila(m) | 0 |
| Angulo(*) | 0 |
| [+] F. Escala | |
| Ocultar Texto | No |
| Tensión ref. nom(V) | 400 |
| [-] Panel fotovoltaico | |
| Fabricante | SHARP |
| Modelo | ND_220 |
| Disposición | |
| Inclinación(*) | 33 |
| [-] RAMA | |
| Denominación | 3 |
| [-] Tramo | |
| [-] Longitud(m) | |
| Fijar | No |
| [-] Angulo(*) | |
| Fijar | No |
| F.Escala Texto | 1 |
| Ocultar Texto | No |
| Metal | Cu |
| Neutro | SH2 |
| Sección min. neutro | 1.5 |
| Reactancia | Si |
| Xu (mOh/m) | 0.08 |
| Sección min.(mm²) | 1.5 |
| Canal./Aislam./Polar. | |
| BT-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obr. | |
| 0.6/1 kV,XLPE, Fc:1 | |
| RV-K Eca, Tres Unipolares | |
| Protección | |
| Térmica: Fusible | |
| 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 el suelo, el ángulo permite girar 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 Tensión de referencia nominal (V) será 48 V en instalaciones aisladas y 400 V en conectadas a red (el usuario la puede cambiar), la carga representa la potencia suministrada en un punto, la unidad puede ser A, W, kW o CV, la opción rotar carga permite girar la flecha (consumo) hasta apuntar en la dirección deseada, el Fabricante hace referencia al constructor de los equipos y el Modelo a su gama comercial, la Disposición permite definir el panel FV perfectamente, la Inclinación es el ángulo que forma la superficie del panel FV respecto al plano horizontal, la Potencia es un dato propio del generador (grupo electrógeno, etc), y en el regulador es posible definir el Coef. de Mayoración de cara al cálculo o especificar si se desea Calcularlo automáticamente o fijar su valor.

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 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 (cuando la corriente es alterna), 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./Pol 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), 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.

Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica





 **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 instalación, 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.

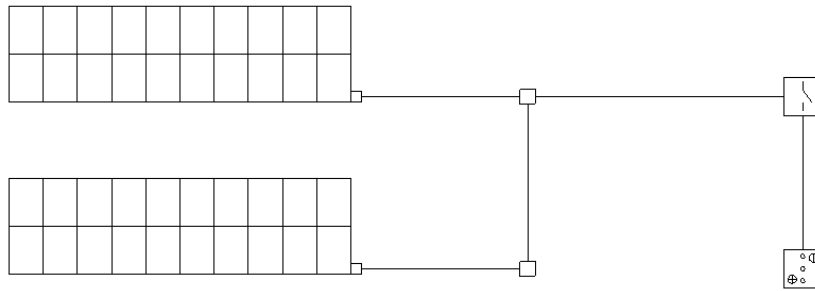
Configuraciones Básicas

Aunque la tipología de este tipo de instalaciones es muy variada, a continuación se muestran una serie de configuraciones básicas que podrán ayudar al usuario en el diseño de su proyecto.

Instalación Fotovoltaica

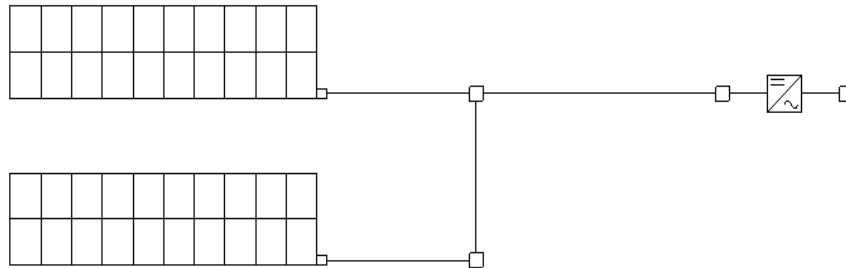
Aislada de Red (Autónoma).

1. Con acumulación eléctrica. Es el supuesto de DIA más desfavorable de una instalación FV autónoma, donde toda la energía generada por los paneles es almacenada en las baterías.



Conectada a la Red.

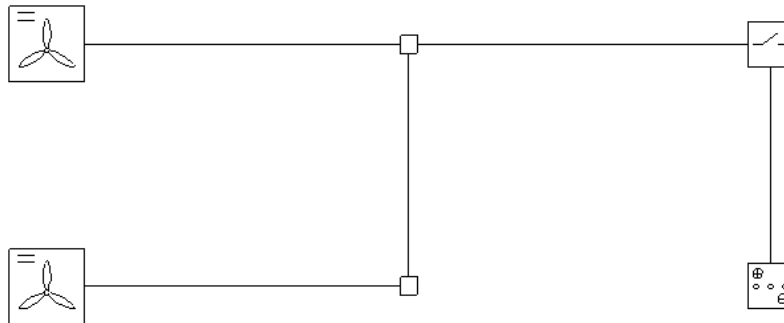
2. El campo fotovoltaico alimenta al inversor de red.



Instalación Eólica

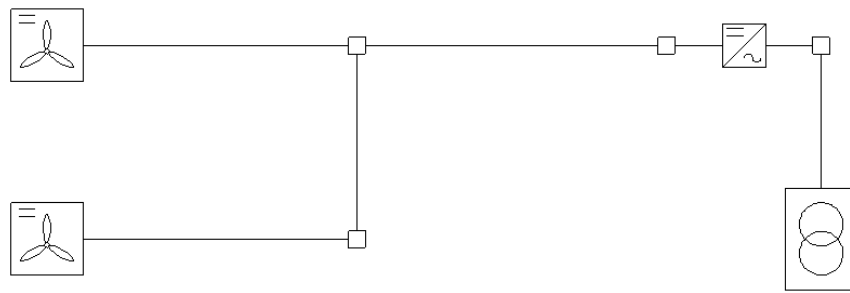
Aislada de Red.

3. Con acumulación eléctrica. Es el supuesto de DIA más desfavorable de una instalación eólica autónoma, donde toda la energía generada por las turbinas eólicas es almacenada en las baterías. La corriente eléctrica alterna obtenida en el generador eléctrico es convertida a corriente continua mediante un rectificador existente en la propia góndola del aerogenerador, de ahí que todo el circuito eléctrico sea en cc.



Conectada a Red.

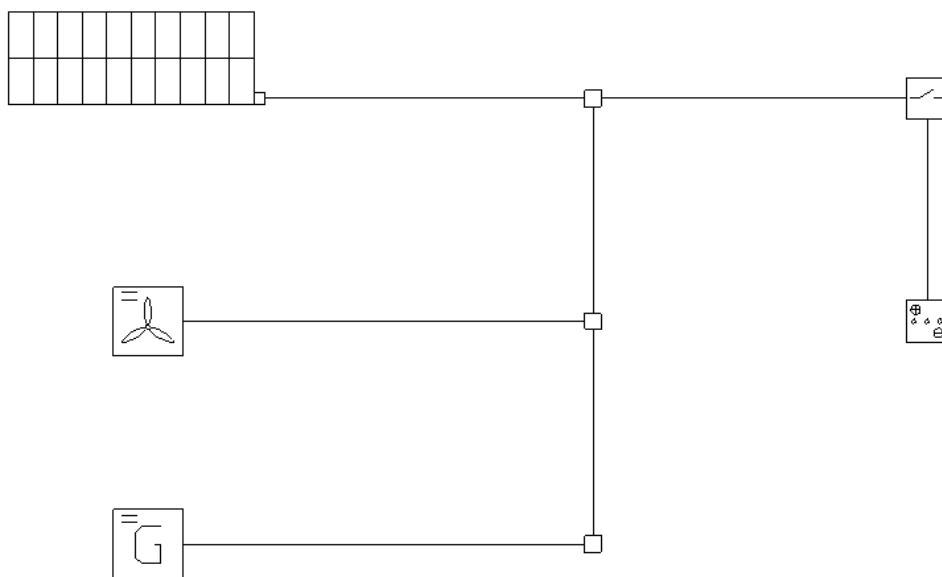
4. Conexión a una instalación de AT existente. La instalación aguas abajo, en alta tensión, deberá ser calculada con el programa REDAT de DMELECT.



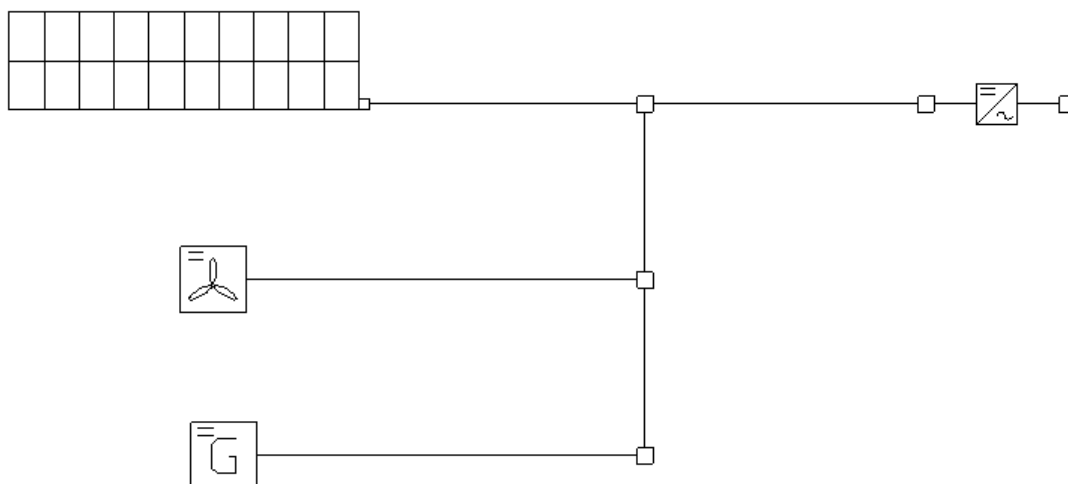
N1

Instalación Híbrida (aislada de red)

5. Generación en corriente continua y acumulación eléctrica. Todos los generadores son de corriente cc o presentan la corriente rectificada, de tal manera que todo el circuito eléctrico es en corriente continua y con el mismo valor de tensión (en este caso la que fija el bloque de baterías).



6. Generación en corriente continua y sin acumulación eléctrica. El circuito es semejante al anterior, pero sin acumulación eléctrica.



Ficha para Estudio de Necesidades

Mediante esta opción se puede realizar un análisis previo de las necesidades de la instalación, pudiendo determinar el nº de módulos fotovoltaicos, la potencia de los aerogeneradores, la capacidad de las baterías, etc.

Instalaciones aisladas de red (autónomas)

Para analizar las necesidades se deberán especificar los equipos eléctricos presentes en la instalación que consumen electricidad en un día medio del mes en estudio. Para ello se utilizará la opción *Añadir Equipo*, que además permitirá definir su potencia, el nº de equipos idénticos instalados, la utilización diaria y el dispositivo que los alimenta (un convertidor, alimentación directa desde baterías, etc). También será posible *Borrar Equipos* ya definidos.

Como este estudio se debe realizar para todos los meses del año y puede haber meses semejantes, si el usuario ha especificado los equipos eléctricos en un mes y quiere copiar los datos a otro mes con el mismo perfil de consumo, entonces deberá pulsar *Guardar Configuración* estando activado el mes ya definido y posteriormente, una vez activado el nuevo mes, pulsar sobre la opción *Aplicar Configuración* (la rutina es semejante a un Copiar-Pegar de uso común).

Una vez cumplimentada la ficha para cada mes, en la esquina inferior derecha aparecerá el *Consumo Total* para un día medio de dicho mes, pudiendo contar además con un coeficiente de seguridad. Con este dato se calculará el nº de módulos FV necesarios para cubrir la demanda energética durante un día medio de ese mes.

También será posible disponer de un coeficiente de simultaneidad sobre la potencia total de los equipos eléctricos presentes en cada mes, de cara a la elección de la potencia del aerogenerador.

| Equipos Eléctricos | Alimentación | Potencia (W) | Utilización (h/día) | Consumo (Wh/día) |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------------|------------------|
| Iluminación Comedor | Inversor | 72 | 4 | 288 |
| Iluminación Cocina | Inversor | 36 | 1 | 36 |
| Iluminación Dormitorios | Inversor | 54 | 0.5 | 27 |
| Televisión | Inversor | 450 | 3.5 | 1575 |
| Frigorífico | Inversor | 100 | 12 | 1200 |
| Lavadora | Inversor | 500 | 1 | 500 |

Instalación Eólica
 Coeficiente Simultaneidad potencia instalada mes: 0.9

Total: 3626
 Coef. Seguridad: 1.1
 Consumo Total Mes (Wh/día): 3988.6

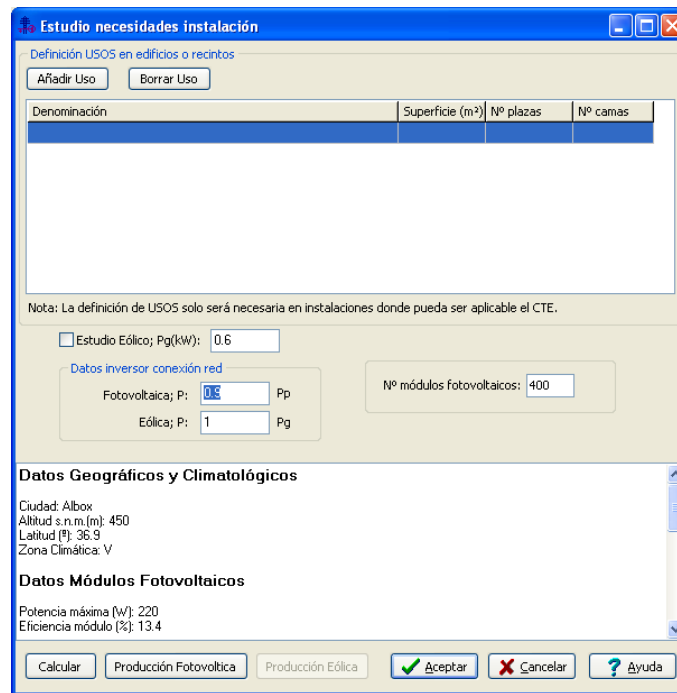
Datos Geográficos y Climatológicos
 Ciudad: Albox
 Altitud s.n.m. (m): 450
 Latitud (°): 38.9
 Zona Climática: V
 Recurso Eólico:
 - Velocidad media referencia (m/s): 5
 - Altura referencia (m): 10
 - Coeficiente Weibull (K): 2
 - Clase rugosidad: 1.5
 Altura huec. aerogenerador (m): 12

Las características de los *Sistemas de Alimentación* podrán ser especificadas mediante la opción *Editar Convertidores*. Podrán existir convertidores de corriente continua a corriente alterna (CC-CA, inversores) o simplemente convertidores del valor de la tensión continua (CC-CC). También será posible definir un coeficiente de simultaneidad sobre la potencia total del campo fotovoltaico, que será aplicable a la hora de seleccionar el convertidor en estudio.



Instalaciones Fotovoltaicas conectadas a red

Si se trata de un campo fotovoltaico donde no sean aplicables las exigencias del CTE (por ejemplo, un huerto solar dispuesto en el campo) entonces bastará con indicar el *Nº de módulos FV* instalados para que el programa calcule automáticamente la *Producción Energética* mensual y anual.



Si se trata de un edificio o recinto donde exista alguno (o varios) de los usos especificados en el CTE (Hipermercado, Multitienda y centro de ocio, Nave de almacenamiento, Administrativo, Hoteles y Hostales, Hospitales y Clínicas o Pabellones de recintos feriales) entonces será necesario definir cada uno de los usos con sus características propias (superficie construida, nº de plazas, etc). Al ir añadiendo usos el programa va comprobando automáticamente la aplicabilidad del CTE, de tal forma que cuando éste resulte de aplicación se ocultará el campo correspondiente al *Nº de módulos Fotovoltaicos*; esto es así porque en este caso la *Potencia Pico* a instalar, y por tanto el *Nº de módulos fotovoltaicos*, serán los que determine el CTE. Bastará por tanto con pulsar sobre la tecla *Calcular* para obtener dicho número.


Para ambos casos, podemos activar el estudio eólico; el aerogenerador que presenta el programa es por defecto el más pequeño de la serie del fabricante; en Condiciones Generales se podrá elegir otro aerogenerador.

Por defecto, el inversor de fotovoltaica se calcula para el 90 % de la potencia pico de la instalación fotovoltaica y el inversor de eólica será de la misma potencia del aerogenerador.

Filosofía de trabajo

Antes de comenzar a diseñar una instalación fotovoltaica y/o eólica es interesante disponer de las plantas del solar o edificio 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 de todos los elementos. Por ejemplo, los paneles FV se situarán en zonas soleadas, alejadas de posibles sombras, los aerogeneradores estarán dispuestos en una zona libre de obstáculos y si existen éstos siempre por encima, el bloque de baterías y demás equipos de acondicionamiento de potencia irán ubicados en el interior de un cuarto debidamente ventilado, etc.


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 del solar o cubierta de un edificio 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 dibujar la instalación renovable; 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 Energías Renovables basta **pinchar sobre su pestaña E. Renovables**.




Es importante, antes de comenzar a dibujar la instalación, 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, será necesario modificar algunas de las propiedades, para ajustarlas realmente al proyecto en estudio (localidad, datos del recurso eólico del lugar, tipo y configuración de la instalación, tensión de campo fotovoltaico o eólico, generadores seleccionados, etc).

Si el usuario no conoce a priori el nº de módulos FV a instalar y la potencia y nº de aerogeneradores, podrá realizar un análisis previo al dibujo mediante la **Ficha para Estudio de Necesidades**. Si tampoco sabe con exactitud la disposición de elementos más adecuada para su instalación, será conveniente consultar el apdo. **Configuraciones Básicas** de este manual. Allí podrá comprobar que, en la mayoría de las ocasiones, será necesario dibujar y calcular el circuito primario y el secundario en circuitos diferentes (*Editor de Circuitos*).

Para **diseñar instalaciones fotovoltaicas y/o eólicas** el usuario dispone de la **paleta de componentes** .




En dicha paleta encontraremos símbolos (bloques gráficos) para dibujar un *panel FV* , un *aerogenerador* , un *generador* de cualquier otro tipo, como un grupo electrógeno, etc , un *regulador* , una *caja de registro o conexiones* , una *arqueta* , un *poste* , un *cambio de dirección* , un *contador de Ah* , un *contador de Wh* , un bloque de *baterías* , con *inversor* , un *convertidor CC-CC* , un *cuadro de BT*  o un *trafo* , etc...

Cada uno de estos componentes representa un nudo o una rama 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), con *inversor*  o un *convertidor CC-CC* .

Para introducir el primer nudo de la red, un panel FV , un aerogenerador , etc, 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 (caja de registro, arqueta, etc), ya que no es usual disponer dos nudos de alimentación 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.



Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica


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 del solar o cubierta de un edificio, quedará unido al anterior mediante una rama, que esta rama puede ser un tramo de línea eléctrica  y que tendrá las características que aparecen en la ventana de propiedades o puede ser un inversor  o un convertidor de CC-CC . 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.

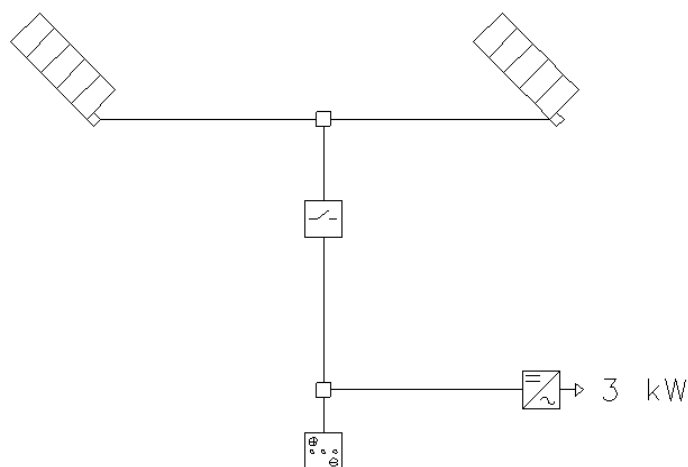
El resto de nudos y ramas se van introduciendo de forma idéntica. Por lo tanto, es posible dibujar instalaciones con diferentes nudos (generadores, cajas de registro, etc), diferentes propiedades de nudos (cota, denominación, carga, etc) y diferentes propiedades de ramas (metal, tipo de canalización, 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.



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.

Si se desea realizar una instalación fotovoltaica (aislada de red o conectada a red) será necesario dibujar los *paneles FV*  en la dirección Norte-Sur y con una inclinación adecuada a la latitud del lugar (el valor adoptado por defecto será adecuado en la mayoría de las ocasiones). Mediante la opción *Disposición* de la ventana de propiedades (lateral izquierda) será posible definir el nº de módulos FV que constituyen cada panel, así como el nº de ellos que están en serie en cada rama (esto es muy importante, pues el nº de módulos en serie determinan la tensión del campo fotovoltaico). También será posible situar la caja general de conexiones del panel, simplemente seleccionándola y arrastrándola. El fabricante de los módulos FV será el seleccionado en Condiciones Generales (Datos Generadores), pero se podrá cambiar si se desea en la ventana de propiedades; allí aparecerán las características eléctricas de los módulos, que deberán ser adecuadas a las condiciones del campo fotovoltaico.

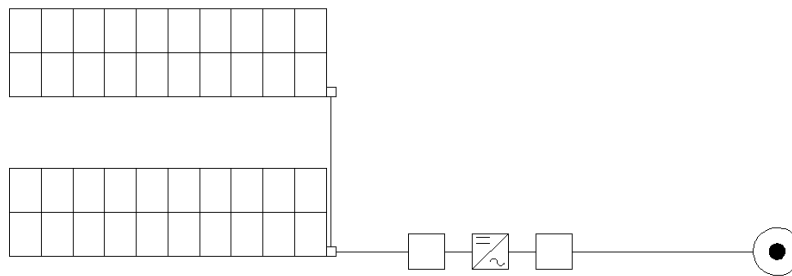
La *caja de registro, conexiones o derivación*  es una envolvente donde conexas conductores eléctricos. Por su parte, el *regulador*  controlará la posible sobrecarga del bloque de baterías, y en ocasiones también la sobredescarga (cuando no haya un inversor que controle esta función). El bloque de *baterías*  constituye la acumulación o almacenamiento eléctrico de la energía generada en los paneles FV (siempre en corriente continua).



Circuito de una instalación fotovoltaica aislada de red.



Si las cargas presentes en la instalación son las típicas de uso doméstico (viviendas, oficinas, etc), entonces será necesario instalar un *inversor* , para transformar la corriente continua del campo fotovoltaico en corriente alterna de frecuencia y tensión adecuadas (normalmente 50 Hz y 230 V). Si las cargas trabajan en corriente continua, pero a una tensión diferente a la del campo fotovoltaico, entonces será necesaria la incorporación de un *convertidor CC-CC* .


A continuación se muestra un esquema típico de una instalación conectada a la red.



Circuito de corriente continua y alterna de una instalación fotovoltaica conectada a red.


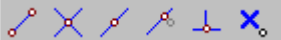






En este caso el inversor será especial para conexión a redes eléctricas de distribución.







La parte de corriente alterna, por su parte, conectará el inversor con la red eléctrica de la compañía, punto que se puede simular con una *conexión a red* . Si la conexión fuese con una instalación de A.T. el icono ideal sería el *centro de transformación* .

En una instalación eólica los puntos de generación eléctrica son los *aerogeneradores*  o turbinas eólicas. Como en el caso anterior, se podrán realizar instalaciones autónomas o conectadas a la red de la compañía eléctrica. También se podrán proyectar instalaciones de tipo híbrido, donde se combinan paneles FV, aerogeneradores o generadores.

Las protecciones eléctricas se situarán sobre las ramas de la instalación, en los puntos estimados por el usuario (opción *Protección* de la ventana de propiedades).

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.

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*.

Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica

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 instalación, 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 (%) supere el valor definido en condiciones generales.


 Cálculo, análisis y capacidad de la red para soportar las sobreintensidades - sobrecargas. En el circuito primario, donde se suelen emplear fusibles, la protección sólo controlará la rama en la que está situada, por lo tanto será el usuario el responsable de situar las protecciones en los lugares adecuados. En el circuito secundario la protección irá situada en el origen de la instalación, y podrán controlar parte o toda la instalación aguas abajo.

 Cálculo, análisis y capacidad de la red para soportar las sobreintensidades - cortocircuitos. En el circuito de corriente continua, donde se suelen emplear fusibles, la protección sólo controlará la rama en la que está situada, por lo tanto será el usuario el responsable de situar las protecciones en los lugares adecuados. En el circuito de alterna la protección irá situada en el origen de la instalación, y podrán controlar parte o toda la instalación aguas abajo.

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

Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica

Se desea dotar de energía solar fotovoltaica a una pequeña vivienda, situada en el medio rural del T.M. de Albox (Almería), donde no llega la red de distribución de la compañía eléctrica. La altitud s.n.m. de esta población es de 450 m y la latitud de unos 37°. Haciendo un estudio aproximado de la demanda energética durante todo el año, se han obtenido dos perfiles de consumo, uno para los meses de abril a septiembre y otro para los meses de octubre a marzo. La mayor demanda diaria, para ambos casos, es:

Perfil 1. Enero, Febrero, Marzo, Octubre, Noviembre y Diciembre.

| <u>Denominación Equipo</u> | <u>Potencia (W)</u> | <u>Nº Equipos</u> | <u>Utilización (h/día)</u> |
|----------------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|
| Iluminación Cocina | 20 | 3 | 1 |
| Iluminación Salón | 20 | 4 | 2 |
| Iluminación Dormitorios | 20 | 3 | 0.5 |
| Lavadora | 500 | 1 | 1 |
| Frigorífico | 100 | 1 | 24 |
| Plancha | 1200 | 1 | 0.5 |
| TV | 150 | 1 | 2 |

Perfil 2. Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

| <u>Denominación Equipo</u> | <u>Potencia (W)</u> | <u>Nº Equipos</u> | <u>Utilización (h/día)</u> |
|----------------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|
| Iluminación Cocina | 20 | 3 | 1 |
| Iluminación Salón | 20 | 4 | 1 |
| Iluminación Dormitorios | 20 | 3 | 0.5 |
| Lavadora | 500 | 1 | 1 |
| Frigorífico | 100 | 1 | 24 |
| Plancha | 1200 | 1 | 0.5 |
| TV | 150 | 1 | 1 |


De cara a la máxima potencia simultánea requerida (y según criterio de la unidad familiar) se considerará un coeficiente de simultaneidad, para todos los meses, del 90 % (1940 W/2150 W x 100). Este coeficiente se deduce de considerar que el mayor nº de aparatos que pueden estar funcionando simultáneamente en un momento dado son: Iluminación Cocina, Iluminación Salón, Lavadora, Frigorífico y Plancha. Se ha considerado que el encendido de las luces de los dormitorios no es simultáneo con el resto de luces de la vivienda y tampoco la realización de las tareas domésticas (lavado y planchado) con el visionado de la TV.

La tensión del campo fotovoltaico y bloque de baterías será de 48 V en continua, mientras que los aparatos de uso doméstico funcionan con corriente alterna a 50 Hz y 230 V. Por lo tanto, será necesaria la colocación de un inversor para alimentar a las cargas. Según fabricante, las pérdidas energéticas de éste serán del 10 %.

El fabricante de los módulos FV seleccionado será ATERSA y el modelo concreto A-230 P. Este módulo presenta una potencia pico de 230 W y un voltaje para el punto de máxima potencia que ronda los 30 V. Al ser la tensión del campo fotovoltaico de 48 V, será necesario disponer dos módulos FV por rama en cada panel. Según IDAE, la inclinación óptima de los paneles, en instalaciones aisladas de red que funcionan todo el año, será igual a la latitud del lugar menos 10° (27° en nuestro caso).

Según la Agencia Andaluza de la Energía, será recomendable que la batería tenga al menos 5 días de autonomía (5 - 10 días). Nos acogeremos por tanto al mínimo impuesto, 5 días.

Comenzaremos por tanto definiendo las **Condiciones Generales** del proyecto (menú Proyecto). En *Datos Geográficos y Climáticos* seleccionaremos la provincia de *Almería* y escribiremos *Albox* en *Ciudad*. La altitud de esta población es de *450 m* y la latitud de *37°*. Por otra parte, en *Datos Generadores/Baterías* seleccionaremos el *Modelo A-230P*, según se comentó. Para finalizar, en la opción *Parámetros de Diseño* habrá que indicar en las *Pérdidas energéticas del Convertidor*, *Pérdidas por rendimiento*, un *10 %*, y en *Datos Baterías* una *Autonomía* de *5 días*. El resto de opciones de Condiciones Generales son adecuadas para la instalación en proyecto (el usuario puede comprobarlas si lo desea).

Como a priori se desconoce el nº de módulos fotovoltaicos que son necesarios, se deberá realizar el **Estudio de Necesidades** mediante la ficha prevista .

Mediante la opción *Añadir Equipo* se irán definiendo todos los equipos presentes en la instalación en cada mes de año, según el estadillo anterior. Se puede comenzar por el mes de Enero, por ejemplo. Al *Añadir Equipo* y pulsar *Iluminación* se puede observar como la potencia por punto es de 18 W, cuando en nuestra instalación está prevista en 20 W. Para solucionar esto debemos ir a las *Bases de Datos* del programa (menú *Proyecto*) y abrir la ventana de *Equipos Eléctricos*. Se puede añadir un equipo nuevo o modificar la potencia del que ya existe, poniendo *20 W* en la potencia de la *Iluminación*. Pulsamos *Aceptar* y volvemos a la *Ficha de Necesidades*.

Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica

Al añadir de nuevo un equipo, si seleccionamos la Iluminación (que ya aparece con 20 W) podemos observar como la descripción pasa automáticamente al campo de *Denominación Uso*, podemos concretar más y poner *Iluminación Cocina*. También debemos poner que existen 3 equipos de la misma potencia y que están funcionando 1 h/día. La *Alimentación* será a través de un *Inversor II*. Pulsamos *Aceptar* y el primer consumo se habrá definido.

El resto de elementos se definen de la misma manera, quedando la ficha según se muestra:

| Equipos Eléctricos | Alimentación | Potencia (W) | Utilización (h/día) | Consumo (Wh/día) |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------------|------------------|
| Iluminación Cocina | Inversor II | 60 | 1 | 60 |
| Iluminación Salón | Inversor II | 80 | 2 | 160 |
| Iluminación Dormitorios | Inversor II | 60 | 0,5 | 30 |
| Lavadora | Inversor II | 500 | 1 | 500 |
| Frigorífico | Inversor II | 100 | 24 | 2400 |
| Plancha | Inversor II | 1200 | 0,5 | 600 |
| Televisión | Inversor II | 150 | 2 | 300 |

Total: 4050
Coef. Seguridad: 1,1
Consumo Total Mes (Wh/día): 4455

Nº Módulos Fotovoltaicos
Mes más desfavorable: Diciembre
Consumo eléctrico (Wh/día): 4455
Rendimiento: 0,579
Energía necesaria (Wh/día): 7700
Pot. útil mod. fotovoltaico (W): 207
HSP (h/día): 3,15
Nº módulos fotovoltaicos: 12

Una vez cumplimentado el mes de *Enero* se puede *Guardar* esta *Configuración*, pasar a *Febrero* y *Aplicar* dicha *Configuración* (semejante a un simple Copiar-Pegar). Como la demanda diaria de estos meses es idéntica no habrá que cambiar ningún dato. Seguidamente se puede aplicar la misma configuración al resto de meses con perfil equivalente (Marzo, Octubre, Noviembre y Diciembre). Aunque el mes de *Abril* ya es distinto, también se le puede aplicar la configuración descrita, aprovechándonos de todos los datos que son comunes. Concretamente sólo habrá que cambiar el nº de horas diarias en *Iluminación Salón* y *TV*, que en ambos casos será 1. Con el mes de *Abril* activo se puede *Guardar* su *Configuración* y *Aplicar* al resto de meses con su mismo perfil (Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre).

Para acabar el estudio de necesidades se deberá pulsar sobre el botón *Editar Convertidores* y, para el *Inversor II*, indicar un *Coefficiente de Simultaneidad* igual a 0,90. Esto afectará a la hora de calcular la potencia de dicho inversor.

Una vez cumplimentados todos los meses y definidas las características del inversor se puede *Calcular*. Seguidamente se puede observar como el *Nº de módulos FV* necesario es de 12. También aparece calculado el bloque de baterías, el convertidor CC-CA (de unos 2 kW), etc.

A continuación se muestra el plano de planta de la instalación que se desea calcular. Se puede comprobar como los paneles se han orientado hacia el Sur geográfico. Cada panel está compuesto por 6 módulos FV interconectados en serie-paralelo (2 módulos FV en serie por rama y 3 ramas en paralelo). Se han colocado protecciones térmicas (por fusibles) a la salida de cada panel, en el ramal general del campo FV y tras

el regulador, para proteger al circuito de baterías y al del inversor. El inversor y regulador normalmente van autoprotegidos contra sobrecargas y c.c.

La canalización eléctrica en el campo fotovoltaico será enterrada bajo tubo, con conductores de cobre y aislamiento XLPE, 0,6/1 kV. La instalación dentro del local donde están situados los equipos (regulador, baterías e inversor) será bajo tubo protector en montaje superficial, con conductores también de cobre y aislamiento de PVC, 450/750 V.

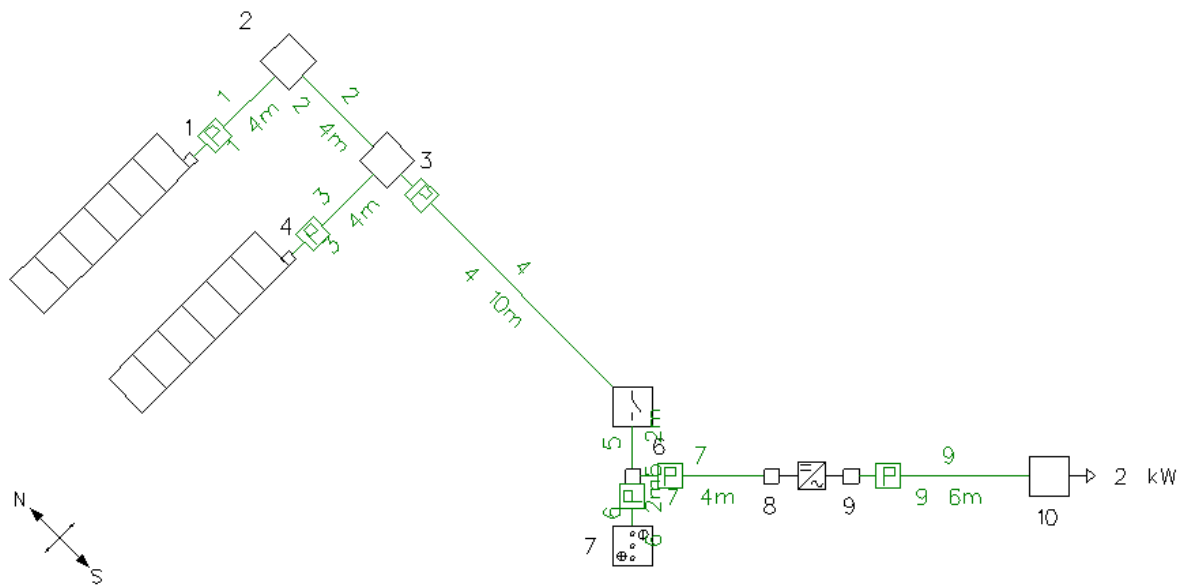





Fig. 1. Planta fotovoltaica completa

Para introducir la red eléctrica se puede comenzar por donde el usuario estime oportuno, normalmente uno de los nudos extremos (paneles FV, bloque de baterías, etc).


Para introducir el circuito podemos comenzar, por ejemplo, por el panel FV 1. Para ello seleccionaremos el icono correspondiente de la paleta de componentes . Pulsaremos la opción *Disposición* de la ventana de propiedades (lateral izquierda) y allí indicaremos *6 módulos* en la fila 1, la única que existe, así como *2 módulos en serie por cada rama*. Se *Acepta* esta ventana para validar la operación. Antes de hacer un clic en pantalla para dibujar el panel se puede variar la orientación de éste, poniendo 45° en el campo *Angulo*. En este momento ya se podrá pinchar en pantalla, en el lugar establecido por el usuario, y el primer panel FV quedará dibujado. Se puede hacer un zoom ventana  para visualizar mejor la red.


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 4 m. Al mover el ratón y comprobar que la rama apunta en la dirección superior


Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica



derecha (tal y como se refleja en el plano de planta), se puede hacer un clic con el botón izquierdo del ratón en la zona de edición gráfica (la arqueta quedará dibujada).



Como el siguiente nudo es otra arqueta y la longitud de la rama es la misma, no habrá que cambiar nada, por lo tanto bastará con hacer otro clic en la dirección inferior derecha y la segunda arqueta habrá sido dibujada.






Para dibujar el segundo *panel FV* seleccionamos de nuevo el icono  de la paleta de componentes. Ya no habrá que volver a definir sus propiedades (nº módulos, etc), pues permanecen las condiciones anteriores (mientras no sean modificadas). Bastará por tanto con hacer otro clic en la dirección inferior izquierda (tal y como muestra el plano de planta).

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 3 (arqueta) y poder introducir el tramo 3-5, bastará hacer un clic sobre dicha arqueta en la zona de edición gráfica. A continuación seleccionamos el símbolo del *regulador*  de la paleta de componentes, cambiamos la longitud de la rama a *10 m* y hacemos un clic en la dirección inferior derecha.


Antes de llegar al bloque de baterías hay una pequeña *caja de derivación* (conexiones), por lo tanto, para dibujarla, se deberá seleccionar ésta de la paleta de componentes , se fijará la longitud de la rama en *2 m*, se seleccionará el modo Orto  de la paleta vertical derecha (que permite introducir la red según los ejes X e Y del dibujo), se cambiará el sistema de canalización sobre la ventana de propiedades (opción *Canal/Aislam/Polar., Instalaciones Interiores, tipo B1, PVC, 450/750 V*) y se hará un clic en la dirección del eje Y-.

Para finalizar bastará con seleccionar el *bloque de baterías*  de la paleta de componentes y hacer un clic en la dirección del eje Y-, pues todos los datos de la rama son válidos (son los mismos que los indicados en la rama anterior). Ahora pinchamos el icono de *Selección*  para continuar la red por la parte del inversor.

Para terminar señalaremos con el cursor la *caja de registro*  como origen y fijaremos una longitud *4 m* (longitud rama) y dibujamos otra *caja de registro*  haciendo un clic en la dirección X positiva; después señalamos como rama el inversor  y colocamos otro nudo de *caja de registro*  haciendo un clic en la dirección X positiva; finalmente, hundimos el icono de *arqueta*  y manteniendo la longitud de 4 metros hacemos otro clic hacia la derecha; en la propiedad "Carga del nudo" pondremos la potencia de 2 kW. Por último, se seleccionarán las dos ramas y se les colocará una *Protección por Fusibles*.




Todos los nudos conectados a la parte de corriente continua deberán tener una tensión asignada de 48 Voltios y el tipo de corriente debe ser continua; igualmente todos los nudos que hay después el inversor deberán ser de corriente alterna; el programa por defecto, pondrá la tensión alterna definida en Condiciones Generales, en este caso de 230 Voltios.

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.

Por último, se deberán seleccionar las ramas 1, 3, 4, 6 y 9 sobre el plano de planta, pulsar la opción *Protección* de la ventana de propiedades y seleccionar *Fusibles*.




En este momento se puede calcular el proyecto a *calentamiento y caída de tensión* , la protección térmica a *sobrecargas*  y la protección a *cortocircuitos* .

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 -.

Para que el proyecto pueda ser calculado se deberá seleccionar *Circuito: Secundario* en Condiciones Generales (opción *Datos Generales*), de esta manera el generador eléctrico no será un campo fotovoltaico o eólico, sino el propio bloque de baterías (donde la energía se encuentra almacenada).

Módulo IV: Energías Renovables. Solar Fotovoltaica y Eólica

Como en el caso anterior, se podrá calcular el proyecto a *calentamiento y caída de tensión* , la protección térmica a *sobrecargas*  y la protección a *cortocircuitos* .

Centros de Transformación. Prefabricados, Obra e Intemperie

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

Descripción Básica del programa

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

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

Zona 1: *Menú General* de opciones.

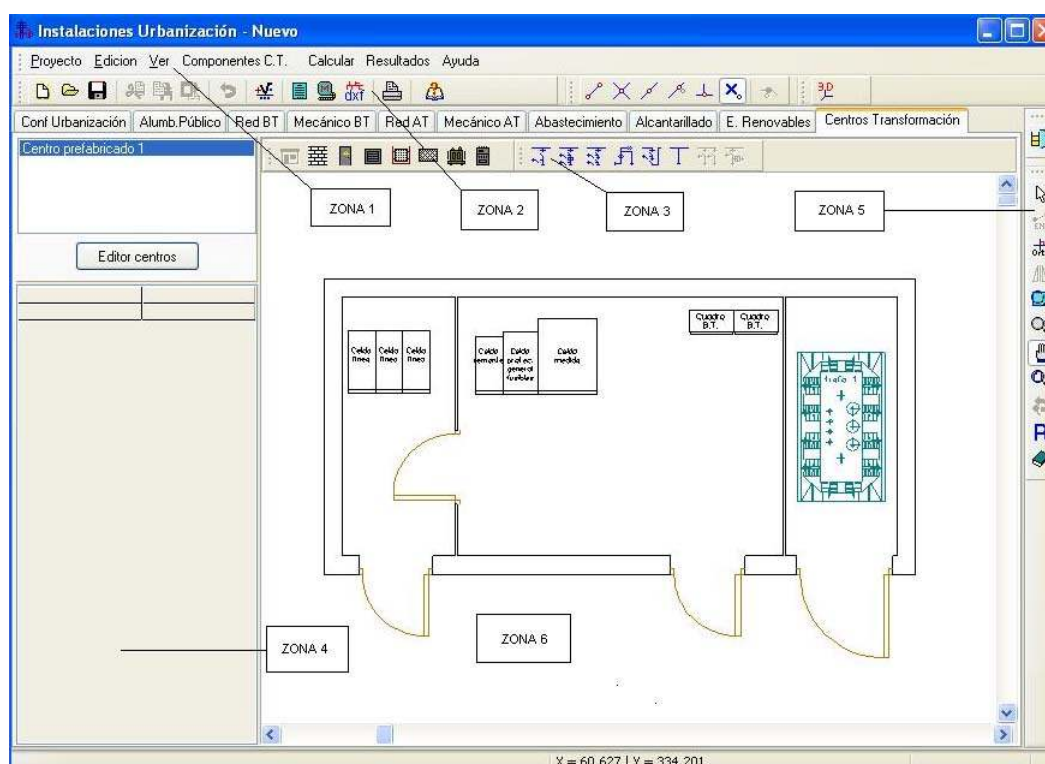
Zona 2: *Botonera* de acceso directo a los comandos más usuales.

Zona 3: Paletas de *Componentes*.

Zona 4: Ventana de *Datos y Parámetros* de los componentes.

Zona 5: Paleta de *Herramientas*.

Zona 6: Zona de *edición gráfica*.



Zona 1 - Menú General

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

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







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




El Menú **Edición** recoge las opciones gráficas del programa, permitiendo **deshacer** operaciones realizadas, **modo selección**, que permite tener acceso a todas las demás opciones desarrolladas en el programa, o acceder a la zona de edición gráfica con el fin de seleccionar componentes como celdas, puertas, rejillas, etc.. y poder cambiarles propiedades o aplicarles directamente las opciones gráficas descritas, trabajar en **modo orto** a la hora de introducir 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), y borrar todos aquellos componentes seleccionados en la zona de edición gráfica (reflejados en azul).








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










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

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

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

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

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

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

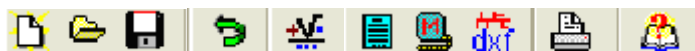
El Menú **Calcular** permite calcular el proyecto completo, con obtención automática de intensidades A.T. y B.T., puestas a tierra, etc.

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


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

Zona 2 - Barra de Botones


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




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


 Comenzar un proyecto nuevo.


 Abrir un proyecto existente.


 Salvar un proyecto a disco.


 Deshacer operaciones ya efectuadas.

 Calcular el proyecto completo.

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

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

 Generar el plano de planta y alzados del centro de transformación a DXF para ser leído desde un programa de diseño asistido por ordenador (CAD).

 Imprimir el centro de transformación visualizado 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.

 Intersección.

 Punto medio.

 Punto Cercano.

 Perpendicular a una línea.

 Ninguna referencia.

La opción por defecto, *ninguna referencia*, no permite tomar referencias de la imagen de fondo ni de la envolvente. 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 envolvente 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 envolvente 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 envolvente 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 envolvente 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 envolvente 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 - Paleta de Componentes

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


Centro de Transformación Interior Prefabricado




Tipo de envolventes prefabricadas de hormigón


 Envolverte seccionamiento, distribución o reparto.

 Envolverte 1 trafo en lateral derecho.


 Envoltente 2 trafos en lateral derecho e izquierdo.

 Envoltente 2 trafos en lateral derecho.

 Envoltente 2 trafos en el centro y lateral derecho.


 Envoltente 3 trafos, dos en lateral derecho y uno en izquierdo.

Tipo de celdas metálicas prefabricadas

 Celda de línea, entrada o salida.

 Celda de protección con fusibles.


 Celda de protección con automático.

 Celda de medida A.T.


 Celda de seccionamiento o interruptor.

 Celda de remonte de cables A.T.


 Celda de conmutación automática.

 Celda de línea con autoválvulas pararrayos.

Componentes adicionales

 Puerta adicional acceso peatones a zona de compañía.


 Rejilla adicional de ventilación.


 Rejilla separación abonado-compañía.

Centro de Transformación Interior Obra




Bloques o elementos gráficos

 Envoltente de obra rectangular.

 Muro o pared de obra para realizar divisiones interiores.

 Puerta acceso a peatones o transformadores.

 Rejilla de ventilación del local.

 Rejilla metálica para protección de trafo.

 Rejilla metálica para separación abonado-compañía.



Transformador reductor de tensión.



Cuadro o armario B.T.

Tipo de celdas metálicas prefabricadas

* Idénticas al CT interior prefabricado.

Centro de Transformación tipo Intemperie



Tipo



Apoyo AT sin elementos de maniobra o potencia.



Seccionamiento o protección.



Entronque aéreo-subterráneo.



Centro de transformación tipo intemperie, sobre poste.



Centro de transformación compacto, bajo poste.

Aparamenta A.T.



Cadena amarre.



Soporte cadena hilo central.



Seccionador con fusibles de expulsión tipo XS cut-out.



Seccionalizador.



Seccionador.



Seccionador con fusibles unipolares.



Fusibles unipolares.



Autoválvulas pararrayos.



Transformador sobre poste.



Botella terminal.

Aparamenta B.T.



Cuadro B.T.

Zona 5 - Ventana de Datos y Parámetros de Componentes

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

Centro de Transformación Interior Prefabricado

| | |
|------------------------------------------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> Envoltente | |
| Tipo | 1 trafo lateral |
| Modelo | PFU-4 |
| a(m) | 4.46 |
| b(m) | 2.38 |
| c(m) | 2.58 |
| Ángulo(°) | 0 |
| <input type="checkbox"/> Celda | |
| Tipo | |
| Función | Protección TR1 |
| Fusibles | Combinados |
| <input type="checkbox"/> Protección relé | |
| Sobrecargas | Si |
| Cortocircuitos | No |
| Homopolar | No |
| Termómetro | No |
| Reservar | No |
| <input type="checkbox"/> Cuadro B.T. | |
| Reservar | No |
| <input type="checkbox"/> Transformador | |
| Denom. | Trafo 1 |
| Aislamiento | Aceite |
| Potencia (kVA) | 400 |
| Tensión secundari.. | 400 |
| Reservar | No |

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

Centro de Transformación Interior Obra

| | |
|-------------------------|----------------------|
| [-] Envoltente | |
| Longitud(m) | 8 |
| Ancho(m) | 4 |
| Alto(m) | 3 |
| Espesor muro(m) | 0.25 |
| Angulo(°) | 0 |
| [-] Rejilla Prot. Trafo | |
| Longitud(m) | 3.75 |
| Angulo(°) | 270 |
| [-] Rejilla Abonado-Cia | |
| Longitud(m) | 3.77 |
| Angulo(°) | 270 |
| [-] Puerta | |
| Tipo | Opaca (Sin rejillas) |
| Distancia origen(m) | 4.51 |
| Ancho(m) | 1 |
| Alto(m) | 2 |
| Num. hojas | 1 |
| [-] Rejilla ventilación | |
| Tipo | Simple rejilla |
| Distancia origen(m) | 0.76 |
| Ancho(m) | 1 |
| Alto(m) | 0.5 |
| Distancia suelo(m) | 1.5 |
| [-] Celda | |
| Tipo | Línea |
| Protección relé | |
| Reservar | No |
| Rotar celda | |
| [-] Transformador | |
| Denom. | Trafo 1 |
| Aislamiento | Aceite |
| Potencia (kVA) | |
| Potencia secunda... | 400 |
| Reservar | |

Se pueden fijar las dimensiones exteriores de la envoltente de obra (largo L_x, ancho L_y), así como el ancho y alto del cerramiento exterior. Podemos fijar la longitud Muro de una división interior, así como el ancho y alto de dicha tabiquería. El resto de opciones son idénticas al CT prefabricado interior.

Centro de Transformación tipo Intemperie

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| [-] Apoyo | |
| Tipo | C.T. Intemperie |
| Constitución | Celosía metálico |
| Zona frecuentada | No |
| Res.adic: calzado,... | 2000 |
| Res.superf. suelo (...) | 150 |
| Espesor capa sup... | 0 |
| Rt máxima (td < 1s)... | 20 |
| Caso | Apoyo sin protección e: |
| [-] Transformador | |
| Potencia (kVA) | |
| Potencia secunda... | 400 |
| [-] Elementos de protec... | |
| Tipo | Seccionador con fusible |
| Int. asignada(A) | 200 |
| [-] Cadena amarre | |
| Tipo grapa | Grapa hacia abajo |

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


resistencia adicional de cara al cálculo de la p.a.t (calzado, aislamiento de la torre, etc), la resistividad del suelo a nivel superficial (puede ser diferente de la resistividad del terreno circundante si se ha tratado convenientemente), la resistencia de tierra máxima a conseguir (según compañía distribuidora) cuando el apoyo sea no frecuentado y la desconexión sea automática inmediata ($t_d < 1$ s), así como la protección realizada en el apoyo de cara a evitar las tensiones de contacto peligrosas.


Zona 6 - Paleta de Herramientas


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





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


 Ver Planos/perfil. Se utiliza para observar los planos del centro de transformación, con los alzados, secciones, planta, esquemas unifilares, puestas a tierra, etc y para diseñar en alzado un centro de transformación de tipo intemperie, apoyo de alta tensión, seccionamiento, etc...colocando la aparatenta (seccionadores, autoválvulas, etc..).


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


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

 Zoom Ventana. Permite obtener una 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 componentes seleccionados (reflejados en azul).

Zona 7 - Zona de Edición Gráfica

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

Filosofía de trabajo

Criterio de diseño

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

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

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

Las dimensiones de los pasillos serán las siguientes:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- **Centros de abonado o cliente.** Son propiedad del cliente. Su tensión de alimentación viene condicionada por la tensión de red de la compañía que distribuya en la zona. Los centros de pequeña potencia y de tipo intemperie

cuenta con equipos de medida en B.T. Los centros de interior suelen medir en A.T., para ello es obligatorio la instalación de una celda de medida en la que irán alojados los transformadores de intensidad y de tensión. Si se trata de un centro en punta y un solo trafo, estará dotado de celda de seccionamiento general, celda de interruptor de protección de transformador y celda de medida.

Partes fundamentales de los centros de transformación

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

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

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

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

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

Centro de Transformación de Interior tipo prefabricado

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

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



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

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

Los centros tipo "abonado, medida en alta tensión" suelen ser propiedad del cliente. Disponen de celda de medida A.T., celda de protección general cuando existen varios trafos, celda de seccionamiento para la parte del abonado cuando se trata de un centro de paso, etc. Los centros tipo "compañía o distribución pública" son propiedad de la empresa suministradora de la energía eléctrica. Disponen únicamente de celdas de línea (entrada y salida), realizando bucles entre todos los centros conectados a la misma red, y celdas de protección de trafa en función de los que haya instalados. Suelen incluir, además, cuadros de B.T. normalizados tipo UNESA.

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



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

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

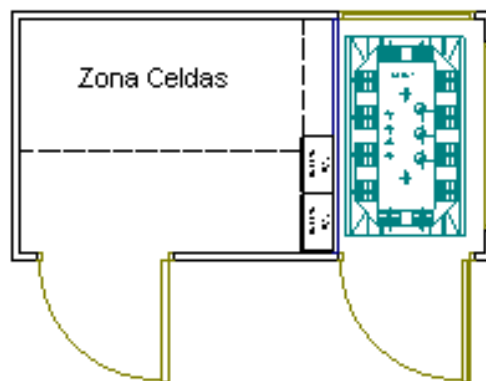
Las envolventes, puertas, rejillas de ventilación, trafos y rejillas de protección son fijas, o sea, se leen de base de datos según el fabricante seleccionado. El usuario puede modificar las dimensiones de la envolvente exterior, simplemente actuando sobre la ventana lateral izquierda

| | |
|--------|-----------------|
| Tipo | 1 trafa lateral |
| Modelo | PFU-4 |

Las celdas prefabricadas A.T. que el programa dibuja por defecto no son fijas, sólo son una referencia según las condiciones generales establecidas. Quiere esto decir que el usuario puede borrarlas, activándolas en

azul y pulsando la opción borrar , modificar la función de cada una  introduciendo celdas nuevas actuando sobre la paleta correspondiente

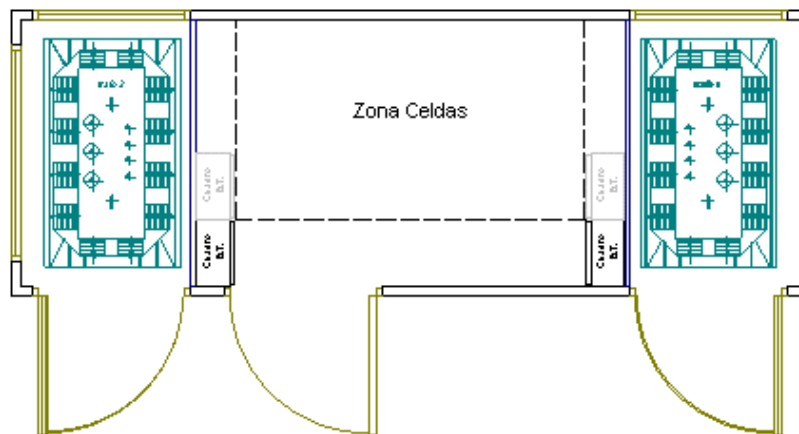
modificar la intensidad asignada, etc. Por defecto, el centro de transformación sale dibujado con 2 cuadros B.T. por cada transformador, por lo tanto el *área de trabajo de las celdas* corresponde al rectángulo comprendido entre la pared posterior de la envolvente, la pared lateral (si los trafos están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



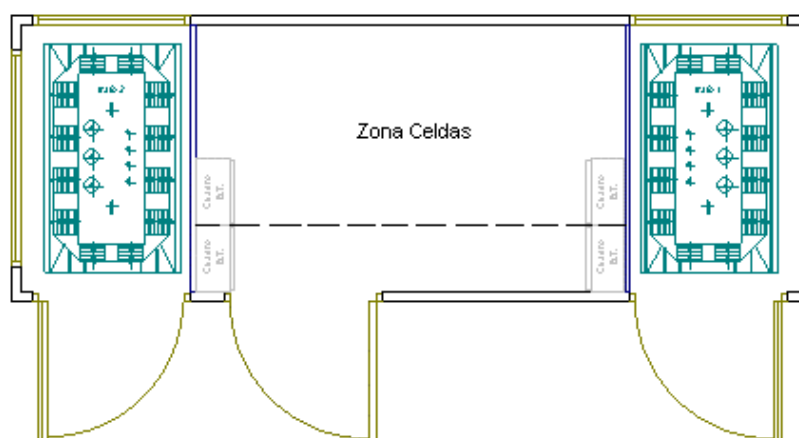
Este área se puede agrandar si se reserva 1 cuadro B.T., para ello basta activarlo en azul y pulsar la opción

| |
|----------|
| Reservar |
|----------|


Sí en la ventana de propiedades del cuadro. La nueva superficie se define a continuación.



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





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

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

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

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

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

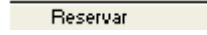
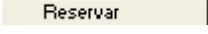
Una vez introducido un componente (celda, trafo, puerta, etc), si se desea cambiarle algún dato o parámetro, basta pincharlo con el ratón y activarlo (seleccionado en azul), reflejándose todos sus valores en la ventana de datos y parámetros ubicada a la izquierda, por lo tanto, bastaría definir una nueva característica sobre dicha ventana para que quede reflejada en la zona de edición gráfica o internamente. Esta selección de

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

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

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

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

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

Centro de Transformación de Interior tipo Obra


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



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




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




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

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

2º Una vez definidas las condiciones generales, se procede al **diseño del centro de transformación**. Para comenzar se inserta la envolvente de obra civil , se definen sus valores de largo y ancho, además del ancho y alto del cerramiento exterior. Para ubicar esta envolvente es necesario hacer un clic en pantalla.

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

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

Por último se pueden ubicar las celdas A.T. , los trafos  y los cuadros B.T. . Estos componentes traen una orientación por defecto. Dicha orientación puede ser modificada en fase de introducción o una vez insertado el objeto y pinchar sobre la zona gráfica en el lugar establecido.

En su introducción, las celdas se agrupan unas junto a otras, formando un embarrado común a lo largo de ellas. Por este motivo, cuando el programa detecta que el usuario intenta introducir una celda a menos de 5

cm de otra ya existente, automáticamente las une. Los cuadros B.T. siguen la misma filosofía a la hora de su inserción.

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

Centro de Transformación tipo Intemperie

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


Se permiten realizar apoyos de AT (simple cálculo de tierras), seccionamientos de líneas, entronques aéreos subterráneos y centros de transformación tipo intemperie o compactos.

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




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


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

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

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

La maniobrabilidad queda resumida a continuación:





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

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

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

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

Módulo V: Centros de Transformación. Prefabricados, Obra e Intemperie

- Mediante la opción del menú "Resultados" o directamente pinchando los iconos activos de la barra de botones    (Anexo de Cálculo, Medición y Esquemas en fichero DXF), obtendrá resultados minuciosos, con desglose de fórmulas, etc.
- Mediante la opción del menú "Ver perfil" o pinchando el icono activo , obtendrá los *planos* completos del centro de transformación.

Ejemplos prácticos resueltos

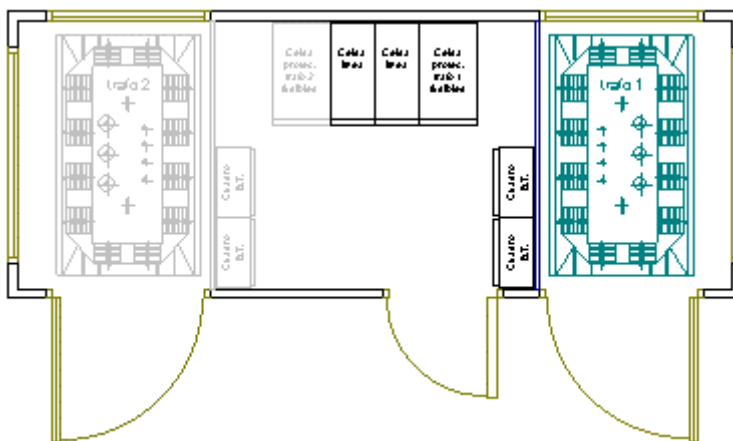
Ejemplos de Centros de transformación tipo Interior prefabricado

Ejemplo 1

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

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

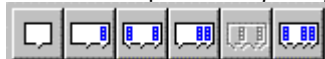
Representación gráfica del proyecto.





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

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


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



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

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

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

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

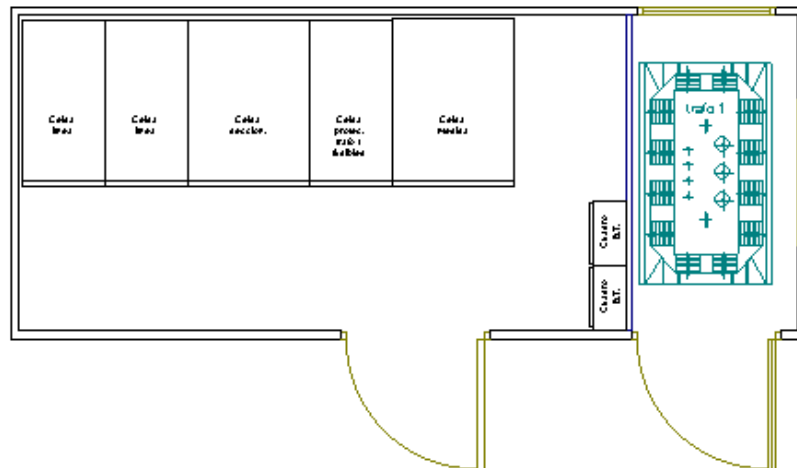
En estos momentos se puede *calcular* el proyecto  y observar los *planos* correspondientes.

Ejemplo 2

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

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

Representación gráfica del proyecto.





Como se describió en la filosofía de trabajo se comienza por definir las condiciones generales.

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

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



se elige la opción *1 trafo lateral*  y se hace un clic sobre la zona de edición gráfica.

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

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

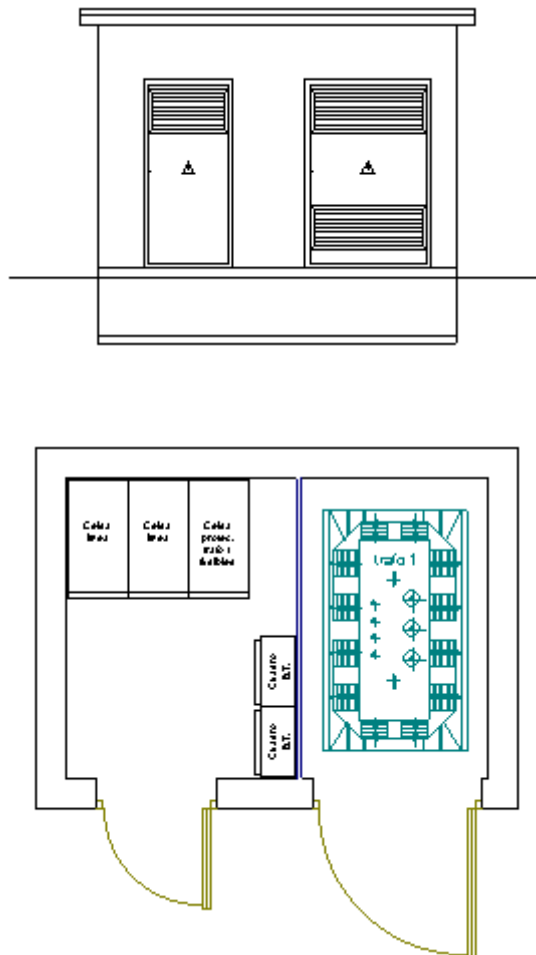
En estos momentos se puede calcular el proyecto  y observar los planos correspondientes.

Ejemplo de Centro de transformación tipo Interior obra

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

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

Representación gráfica del proyecto.



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

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

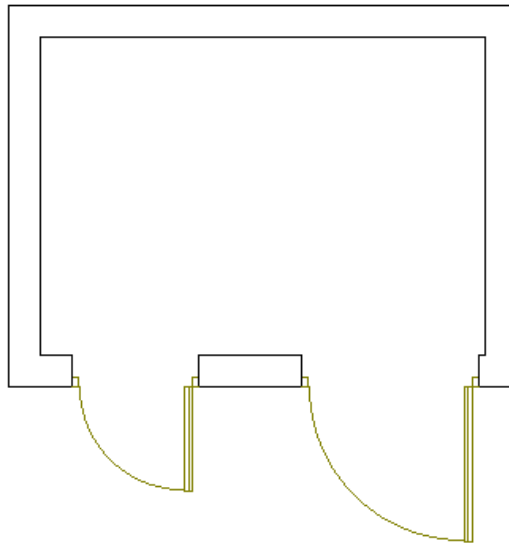
Se pulsa *aceptar* y se pasa a la zona de edición gráfica. Se elige de la paleta correspondiente





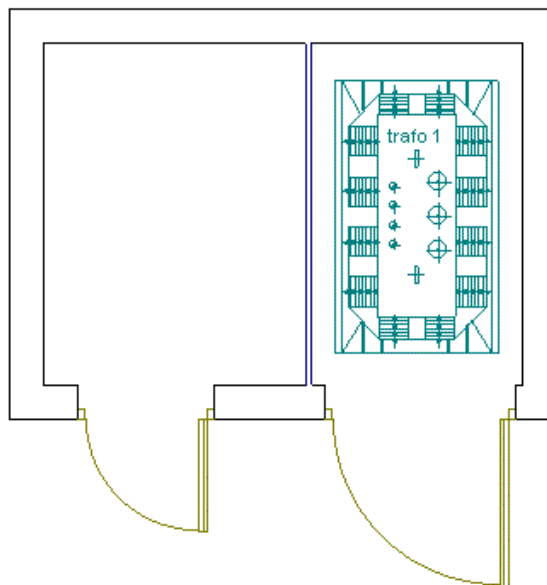
la opción *envolvente de obra rectangular*, se define el largo Longitud=4 m y el Ancho=3 m y se hace un clic en la zona de edición gráfica con el fin de indicar el punto de inserción,






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




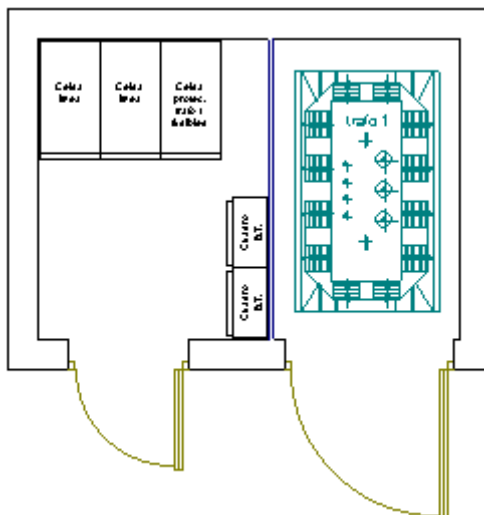
En este momento se procede a la colocación de la aparatada A.T y B.T. Se puede comenzar por seleccionar el trafo  de la paleta de componentes, se define su *potencia*: 250 kVA y se ubica frente a su puerta de acceso. Se escoge la rejilla de protección  y se ubica entre las dos paredes, haciendo dos clic.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



A continuación se elige la opción *celda de línea*  de la paleta de celdas , y se pincha en la esquina izquierda de la obra, con lo cual dicha celda aparecerá dibujada. La segunda celda de línea se ubica al hacer otro clic junto a la anterior.

Para ubicar la tercera celda, se elige la opción *celda de protección con fusibles*  de la paleta de celdas, se define su *función* (protección trafo 1) en la ventana lateral izquierda (*prot. relé*) y se hace un clic junto a la última celda introducida.

Por último se selecciona el *cuadro B.T.*  de la paleta de componentes y se introduce junto a la puerta y pegado a la rejilla de protección del trafo. El segundo cuadro se introduce al hacer otro clic junto al ya introducido. El aspecto definitivo del CT será el siguiente.



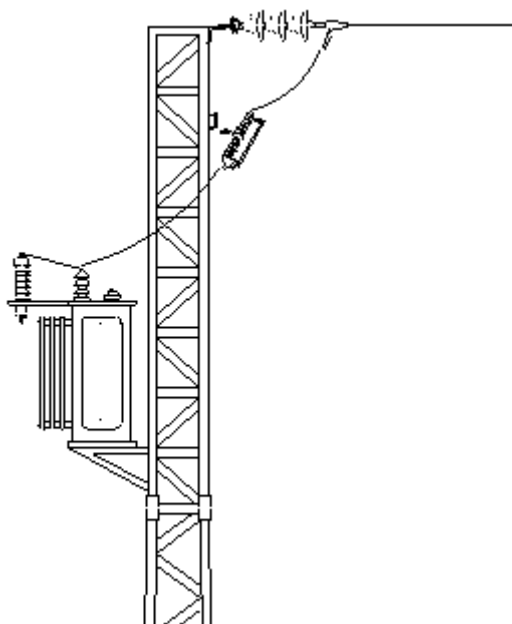
En estos momentos se puede *calcular* el proyecto  y observar los *planos* correspondientes.

Ejemplo de Centro de transformación tipo Intemperie



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


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

Representación gráfica del proyecto.




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


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


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

Módulo V: Centros de Transformación. Prefabricados, Obra e Intemperie

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

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

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

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

Establecimiento de las Condiciones Generales de un proyecto

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

Datos Generales

Tipo de centro

Por defecto, el programa tiene activa la opción de diseñar un centro interior prefabricado porque son los más habituales para polígonos industriales o residenciales; se podrá marcar la opción de centro de interior de obra o intemperie igualmente; al aceptar la paleta de componentes se adaptará automáticamente al centro elegido.

Datos del centro

Fabricante

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

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

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

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

Destino de la instalación

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

trata de un centro en punta y un solo trafo, estará dotado de celda de seccionamiento general, celda de interruptor de protección de transformador y celda de medida.

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

Datos generales del Centro

Elección Cía. Suministradora de Electricidad

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

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

Tensión de aislamiento

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

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

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

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

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

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

Tensión

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

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

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

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

Potencia de cortocircuito Scc

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

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

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

Acometida

Los **CT en punta** tienen únicamente una línea de alimentación, es decir, parten de la red principal en derivación o constituyen el punto final de la misma (reciben la red eléctrica mediante una celda de entrada o de línea). Los CT con acometida *directa a embarrado* constituyen también un punto final de la línea, pero sustituyen

la celda de línea por una celda de remonte de cables, o sea, una celda que protege simplemente la subida de la red al embarrado de las celdas.

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

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

Línea A.T. que alimenta al C.T.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

The screenshot shows a software window titled "CONDICIONES GENERALES" with three tabs: "Datos Generales", "L.A.T. que alimenta al C.T.", and "Tipo P.A.T. en C.T.". The "Tipo P.A.T. en C.T." tab is active and contains the following settings:

- Generalidades:**
 - Resistividad terreno (ohm x m): 150
 - Resistividad superficial suelo (ohm x m): 150
 - Resistencia adicional: calzado, etc (Ohm): 2000
 - Espesor capa superficial (m): 0
 - Nivel de aislamiento Baja Tensión del C.T. (V): 10000
- Tipo de puesta a tierra C.T.:**
 - Neutro
 - Separada (Nº mín. picas: 3)
 - No separada
- Protección:**
 - Asignación automática
 - Fijar usuario (p.a.t. protección)
- Picas:**
 - Picas en hilera
 - Picas en anillo
- Dimensiones (m x m):** 2,0 x 2,0
- Profundidad (m):** 0,5
- Picas:** Sin picas, 4 picas, 8 picas

Buttons at the bottom: Aceptar, Cancelar, Ayuda.

Generalidades

Resistividad del terreno

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

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

Resistividad superficial del suelo y espesor capa superficial

Es la resistividad del suelo cerca de la superficie; el terreno natural donde se entierra el electrodo puede tener una resistividad diferente al suelo; en el suelo puede haber grava, asfalto, etc... que tendrá un espesor. Conociendo la resistividad del terreno natural, la resistividad superficial del suelo y el espesor de la capa

superficial, el programa calcula mediante una fórmula de la ITC-RAT-13, el coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial C_s .

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0,106} \right)$$

Con la resistividad superficial corregida se calcula la resistencia a tierra del punto de contacto de un pie (para el cálculo de la tensión de contacto) o de dos pies (para el cálculo de la tensión de paso).

Resistencia adicional: calzado, etc.

Es la resistencia adicional en ohmios de calzado, guantes, etc... que la persona lleva puestos y por tanto se opone al paso de la corriente por el cuerpo. Cuanto mayor sea esta resistencia, menor será la intensidad que circule por el cuerpo y por tanto la tensión de contacto y de paso soportadas serán mayores.

Nivel de aislamiento B.T.

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


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




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

Tipo de puesta a tierra C.T.

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

1º) **Neutro**. Comprende la puesta a tierra del neutro del transformador en sistemas de distribución que lo precisen (TT, TN) y de los secundarios de los transformadores de medida. En general esta puesta a tierra, denominada de servicio, estará separada de la puesta a tierra general o de protección, salvo cuando la tensión máxima de defecto a tierra en esta última sea menor de 1.000 V. La resistencia de la puesta a tierra del neutro será como máximo de 37 ohmios.

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

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

2º) **Protección**. Comprende la puesta a tierra de todas las masas situadas en el recinto del CT, incluidas la cuba del núcleo del trafo, los pararrayos y los elementos conductores del equipo de baja tensión. Según se definió en el apartado anterior, el valor de resistencia de tierra R_t será tal que:

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

Ventana de Datos y Parámetros de Componentes

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

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

Centro de Transformación Interior Prefabricado

| | |
|----------------------|-----------------|
| [-] Envolvente | |
| Tipo | 1 trafo lateral |
| Modelo | PFU-4 |
| a(m) | 4.46 |
| b(m) | 2.38 |
| c(m) | 2.58 |
| Angulo(°) | 0 |
| [-] Celda | |
| Tipo | |
| Función | Protección TR1 |
| Fusibles | Combinados |
| [-] Protección relé | |
| Sobrecargas | Si |
| Cortocircuitos | No |
| Homopolar | No |
| Termómetro | No |
| Reservar | No |
| [-] Cuadro B.T. | |
| Reservar | No |
| [-] Transformador | |
| Denom. | Trafo 1 |
| Aislamiento | Aceite |
| Potencia (kVA) | 400 |
| Tensión secundari... | 400 |
| Reservar | No |

Tipo envolvente

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

Modelo

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

Tipo celda

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

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

Intensidad asignada

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

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

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

Fusibles

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

Protección relé

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

En cuanto a su función, las celdas pueden ser:

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

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

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

Trafo

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

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

Potencia

Indica la *potencia en kVA* del trafo seleccionado.

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

Aislamiento

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

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

Tensión secundario

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

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

Puerta

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

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

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

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

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

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

Se debe verificar que el fabricante admite esta ampliación.

Rejilla

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

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

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

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


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

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

Centro de Transformación Interior Obra

| | |
|-------------------------|----------------------|
| [-] Envolverte | |
| Longitud(m) | 8 |
| Ancho(m) | 4 |
| Alto(m) | 3 |
| Espesor muro(m) | 0.25 |
| Angulo(*) | 0 |
| [-] Rejilla Prot. Trafo | |
| Longitud(m) | 3.75 |
| Angulo(*) | 270 |
| [-] Rejilla Abonado-Cia | |
| Longitud(m) | 3.77 |
| Angulo(*) | 270 |
| [-] Puerta | |
| Tipo | Opaca (Sin rejillas) |
| Distancia origen(m) | 4.51 |
| Ancho(m) | 1 |
| Alto(m) | 2 |
| Num. hojas | 1 |
| [-] Rejilla ventilación | |
| Tipo | Simple rejilla |
| Distancia origen(m) | 0.76 |
| Ancho(m) | 1 |
| Alto(m) | 0.5 |
| Distancia suelo(m) | 1.5 |
| [-] Celda | |
| Tipo | Línea |
| Protección relé | |
| Reservar | No |
| Rotar celda | |
| [-] Transformador | |
| Denom. | Trafo 1 |
| Aislamiento | Aceite |
| Potencia (kVA) | |
| Potencia secunda... | 400 |
| Reservar | |

Envolverte

Para ubicar una envolverte de obra rectangular se debe seleccionar el icono característico  y hacer 1 clic en la zona de edición gráfica.

Antes de dibujar y una vez dibujado en pantalla se permite prefijar el largo (Lx) y ancho (Ly) de la envolverte.

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

Muro o pared

Esta opción se utiliza para definir *divisiones interiores de obra* en el CT.
Se permite prefijar la longitud de la pared interior actuando sobre la opción **Fijar longitud muro**.

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

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

Centro de Transformación tipo Intemperie

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| [-] Apoyo | |
| Tipo | C.T. Intemperie |
| Constitución | Celosía metálico |
| Zona frecuentada | No |
| Res.adic: calzado,... | 2000 |
| Res.superf. suelo (...) | 150 |
| Espesor capa sup... | 0 |
| Rt máxima (td < 1s)... | 20 |
| Caso | Apoyo sin protección e: |
| [-] Transformador | |
| Potencia (kVA) | |
| Potencia secunda... | 400 |
| [-] Elementos de protec... | |
| Tipo | Seccionador con fusible |
| Int. asignada(A) | 200 |
| [-] Cadena amarre | |
| Tipo grapa | Grapa hacia abajo |

Tipo

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

Constitución

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

Cadena amarre

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

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

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

Elementos de protección o corte

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

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

Intensidad asignada

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

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

Tipo Seccionador

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

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

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

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

Tipo Fusibles

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

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

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

Potencia aguas abajo

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

Potencia trafo

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

Zona frecuentada: Sí o No

Hace referencia al lugar donde se ha situado el apoyo AT. Los apoyos frecuentados son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espere que las personas se queden durante tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día, por ejemplo, cerca de áreas residenciales o campos de juego. Los lugares que solo se ocupan ocasionalmente, como bosques, campo abierto, campos de labranza, etc, no están incluidos.

Resistencia adicional

Permite definir la resistencia adicional que ofrece el calzado, siempre de cara a mejorar la tensión de contacto en el apoyo. Según ITC-LAT 07 se puede emplear un valor de 1000 Ω, no obstante, deberá utilizarse únicamente en lugares donde se puede suponer, razonadamente, que las personas estén calzadas, como pavimentos de carreteras públicas, lugares de aparcamiento, etc. No será de aplicación en lugares como jardines, piscinas, camping, áreas recreativas donde las personas puedan estar con los pies desnudos, etc.

Resistividad superficial del suelo y espesor capa superficial

Es la resistividad del suelo cerca de la superficie; el terreno natural donde se entierra el electrodo puede tener una resistividad diferente al suelo; en el suelo puede haber grava, asfalto, etc... que tendrá un espesor. Conociendo la resistividad del terreno natural, la resistividad superficial del suelo y el espesor de la capa superficial, el programa calcula mediante una fórmula de la ITC-RAT-13, el coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial C_s .

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0,106} \right)$$

Con la resistividad superficial corregida se calcula la resistencia a tierra del punto de contacto de un pie (para el cálculo de la tensión de contacto) o de dos pies (para el cálculo de la tensión de paso).

Aumentar el valor de la resistividad superficial del suelo permite incrementar a su vez la tensión de contacto máxima admisible en la línea que garantiza la seguridad de las personas.

Resistencia tierra máxima

Según el organigrama del apdo. 7.3.4.3 de la ITC-LAT 07, si la desconexión de la línea es automática e inmediata (en un tiempo inferior a 1 s), en el diseño del sistema de p.a.t. de los apoyos no frecuentados no será

obligatorio garantizar, a un metro de distancia del apoyo, valores de tensión de contacto inferiores a los valores admisibles indicados en el apdo. 7.3.4.1 de dicha ITC, ya que se puede considerar despreciable la probabilidad de acceso y la coincidencia de un fallo simultáneo. En definitiva, el diseño del sistema de puesta a tierra se considerará satisfactorio desde el punto de vista de la seguridad de las personas, sin embargo, el valor de la resistencia de puesta a tierra será lo suficientemente bajo para garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra. Este valor debería ser proporcionado por la compañía distribuidora de la energía eléctrica.

Caso

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, los apoyos frecuentados podrán considerarse exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto en los siguientes casos:

- Cuando se aislen los apoyos de tal forma que todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, utilizando para ello vallas aislantes.
- Cuando todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, debido a agentes externos (orografía del terreno, obstáculos naturales, etc).
- Cuando el apoyo esté recubierto por placas aislantes o protegido por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

En estos casos, no obstante, habrá que garantizar que se cumplen las tensiones de paso aplicadas.

Manipulación o edición gráfica

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

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

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

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

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

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

Manejo de errores del proyecto

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


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

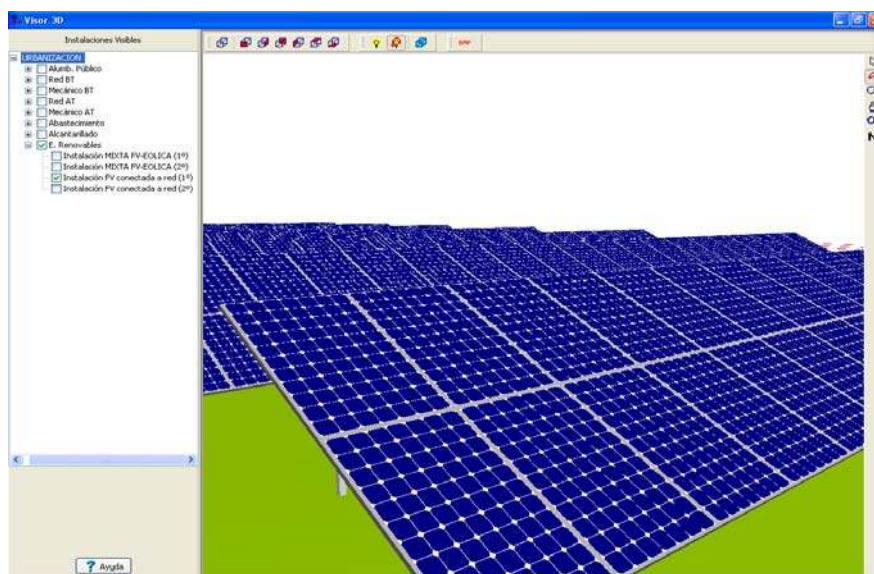
Salidas o Resultados

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

Visor 3D

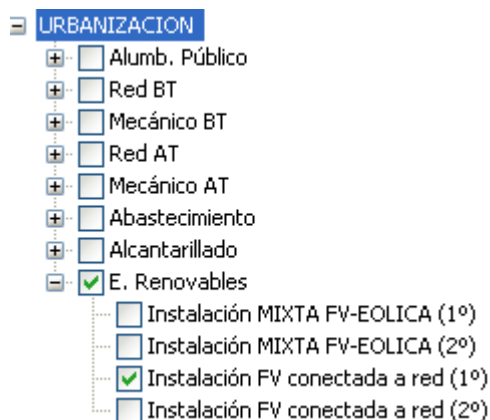
Visor 3D

Esta opción  permite visualizar la *instalación activa* en 3 Dimensiones.



Instalaciones visibles

Mediante una estructura árbol el usuario podrá seleccionar los elementos que desea visualizar en 3 Dimensiones.





En los módulos donde pueden existir varios circuitos (Energías Renovables, Centros de transformación, etc) también será posible *visualizar* u *ocultar* los diferentes circuitos del proyecto.

Paleta de funciones



En esta paleta encontraremos las funciones más usuales que son de aplicación a la vista 3 D.

 **Perspectiva.** Cada clic gira el edificio sobre cada uno de los cuatro cuadrantes arquitectónicos, mostrando éste siempre en perspectiva.

 **Frontal.** Esta función muestra el alzado frontal.

 **Derecha.** Esta función muestra el alzado derecho.

Visor 3D



Posterior. Esta función muestra el alzado posterior.



Izquierda. Esta función muestra el alzado izquierdo.



Superior. Esta función muestra la vista superior.



Inferior. Esta función muestra la vista inferior.



Luz fija. Esta función permite que la luz sobre la urbanización sea fija, independientemente de la visualización de éste en 3 dimensiones.



Luz variable. Esta función permite que la luz sobre la urbanización sea variable según el sentido de rotación de éste.



Transparencia. Esta función pone transparente la urbanización.



BMP. Esta función crea un fichero en formato PDF de la vista 3 D.

Paleta de herramientas



Modo Selección. Permite finalizar la función activa en el ratón.



Este función gira la urbanización en la vista 3 D.



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.

Con cualquiera de estas opciones anteriores señaladas, se puede usar la rueda del ratón para alejar o acercar y arrastrar la imagen con la rueda pulsada.



Permuta el color de fondo, cambiando de blanco a negro y viceversa.

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 deseamos 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, panel FV, 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).

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 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 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).

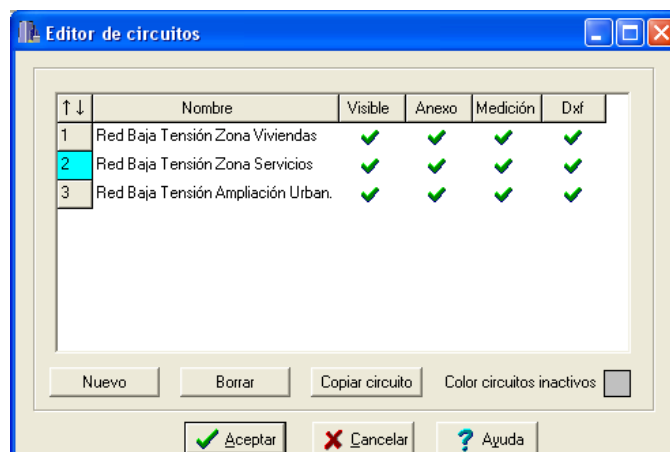


Dentro del Editor el programa permite:

- 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, Renovables**

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

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

| | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> NUDO | |
| Tipo | Arqueta |
| Función | Derivación |
| Denominación | 2 |
| Cota sobre plta.. | 0 |
| Angulo(*) | 344.67 |
| <input type="checkbox"/> F. Escala | |
| Ocultar Texto | No |
| Carga 1 Nudo | 5.75 |
| Carga 2 Nudo | 5.75 |
| Unidad Cargas | kW |
| Rotar Carga | |
| <input type="checkbox"/> RAMA | |
| Denominación | 1 |
| <input type="checkbox"/> Tramo | |
| <input type="checkbox"/> Longitud(m) | 40 |
| Fijar | No |
| <input type="checkbox"/> Angulo(*) | 307.34 |
| Fijar | No |
| F.Escala Tex... | 1 |
| Ocultar Texto | No |
| Suministro | Trifásico-400 |
| Metal | Al |
| Neutro | S#2 |
| Sección mín. n... | 0 |
| Reactancia | Si |
| Xu (mOh/m) | 0.1 |
| Sección mín.(m... | 1.5 |
| Canal./Aislam.f... | |
| | Enterrados Bajo Tubo (F |
| | 0.6/1 kV, XLPE, Fc:1 |
| | RV-Al, Tres Unipolares |
| Protección | |
| | Térmica: No |
| | Diferencial: No |
| | Sobretensiones: No |

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.

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

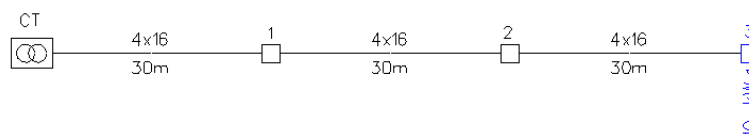
Es la cota del nudo sobre el suelo de la instalación. Este suelo puede ser el de una urbanización, un solar, un edificio, etc.

Angulo

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

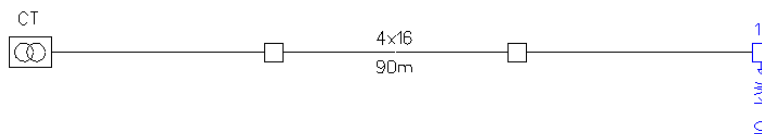
Función

- 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*.

Ventana de Propiedades



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.

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 existen 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 2 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.

En instalaciones fotovoltaicas/eólicas representa la carga asociada a un punto de consumo, como puede ser un convertidor que se alimenta de baterías, etc.

Fabricante

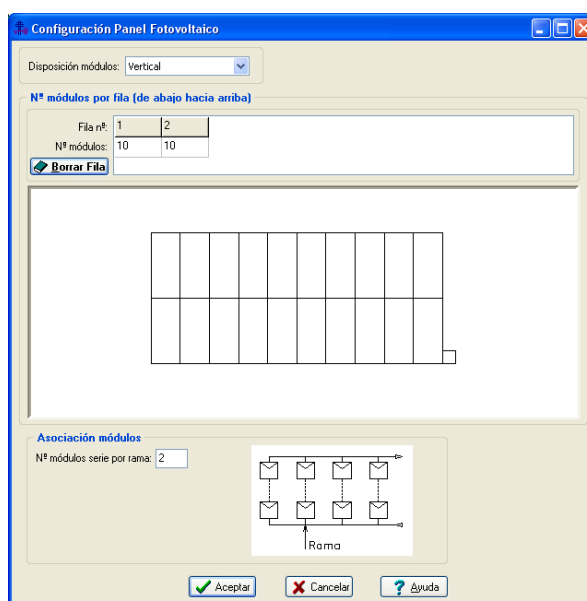
Identifica al constructor de diferentes equipos utilizados en una instalación de energía renovable, como paneles FV, aerogeneradores, baterías, etc.

Modelo

Designa una gama comercial de los productos del fabricante seleccionado.

Disposición

Esta opción permite definir las características de los paneles FV.



La *Disposición* hace referencia a la ubicación de los módulos FV sobre el panel, pudiendo estar dispuestos verticalmente (arista mayor del módulo en posición vertical) u horizontalmente (arista mayor del módulo en posición horizontal).

Para la configuración completa del panel habrá que definir el *Nº de módulos FV* que existen en cada fila. Se considera que la Fila nº 1 es la inferior.

En cuanto a la asociación de los módulos en el panel, habrá que identificar el número de ellos conectados en *Serie* en cada rama. Una rama no es más que es un conjunto de módulos FV asociados en serie. Todas las ramas del panel están conectadas en paralelo. El número de ramas en paralelo será igual al número de módulos FV total existentes en el panel dividido por el número de módulos en serie por rama. Por ejemplo, si tenemos un campo fotovoltaico con una tensión de trabajo de 48 V y existe un panel fotovoltaico con 20 módulos de 12 V, entonces el *Nº de módulos serie por rama* deberá ser igual 4 si queremos conseguir la tensión del campo FV ($4 \text{ mod.} \times 12 \text{ V/mod.} = 48 \text{ V}$, típico caso de una asociación en serie de generadores eléctricos). Por lo tanto, el nº de ramas en paralelo será de 5 ($20 \text{ mod} / 4 \text{ mod. serie rama} = 5$).

La intensidad nominal y de c.c. con que contribuye un panel al campo FV será la de un módulo por el nº de ramas en paralelo. Por ejemplo, si en el caso anterior la I_{pmp} (intensidad del punto de máxima potencia de un módulo FV) es de 7,34 A y la I_{sc} (intensidad de c.c.) es de 8,15 A, la corriente nominal entregada por todo el panel al campo FV será de 36,7 A ($7,34 \times 5$) y la corriente de c.c. de 40,75 A ($8,15 \times 5$).

Observando el panel de frente se puede localizar su *caja general de conexiones* a la derecha, no obstante, pinchándola y arrastrándola se puede mover a cualquier otra posición. Esta caja de conexiones representa el punto de salida del panel, origen del circuito para computar las caídas de tensión.

Inclinación

En el módulo de energías renovables, representa el ángulo que forma la superficie del panel FV respecto al plano horizontal.

Potencia

En el módulo de energías renovables, representa la potencia de los generadores conectados a instalaciones híbridas, tales como grupos electrógenos, etc.

Coefficiente de Mayoración

En el módulo de energías renovables, representa la mayoración de la intensidad nominal y de c.c. de las ramas que confluyen en un regulador, de cara a su elección.

Cálculo Automático

En el módulo de energías renovables, esta opción permite al usuario calcular un regulador de forma automática, en función de la intensidad de las ramas que concurren en él, o fijar su valor.

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

Ventana de Propiedades

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.

Una vez elegido el suministro queda prefijada la tensión, pues ésta 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.

El circuito primario de una instalación FV es monofásico en corriente continua, así como la descarga de baterías a convertidores o cargas directas.

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 mΩ/m en conductores aislados de BT, de 0,15 mΩ/m en conductores aislados de AT y 0,33 mΩ/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.

En corriente continua no existe el concepto de factor de potencia, por lo tanto la Reactancia no tendría efecto.

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.

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.

Ventana de Propiedades

- *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 semiconductor, el *aislamiento*, otra capa semiconductor, 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 semiconductor 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 semiconductor 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.
- 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 (Un) 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_0/U Tensión más elevada | Categoría de la Red | Tensión nominal U_0/U |
|------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|
| 3/3,6 | A-B | 1,8/3 |
| | C | 3,6/6 |
| 6/7,2 | A-B | 3,6/6 |
| | C | 6/10 |
| 10/12 | A-B | 6/10 |
| | C | 8,7/15 |
| 15/17,5 | A-B | 8,7/15 |
| | C | 12/20 |
| 20/24 | A-B | 12/20 |
| | C | 15/25 |
| 25/30 | A-B | 15/25 |
| | C | 18/30 |
| 30/36 | A-B | 18/30 |
| | C | 26/45 |
| 45/52 | A-B | 26/45 |
| 66/72,5 | A-B | 36 |

Ventana de Propiedades

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 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 sobrecorrientes 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 lcc 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 de 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 1000 | | 8 | 6 | 4 | 2,5 |

- Categoría I.

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

Ventana de Propiedades

- 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, aparatos: 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 telemedida, 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 " U_p " 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 (U_p), por lo tanto la instalación aguas abajo nunca soportará tensiones superiores. Los limitadores de 40, 15 y 8 kA poseen un nivel de protección (U_p) 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 un 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

Configuración Instalación (E. Renovables)

Permite definir si la instalación estará *aislada de la red*, no existiendo punto de conexión alguno con las líneas eléctricas de distribución y trabajando por tanto de forma autónoma, o estará *conectada a la red* de la compañía eléctrica, vertiendo todo la energía generada sobre dicha red y cobrando por ello.

Modo de Cálculo

A la hora de calcular instalaciones eléctricas de baja o alta 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).

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.

Datos Generales de la instalación

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 entre fases del proyecto. Generalmente, 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. En el módulo de E. Renovables, esta tensión estará en función de los generadores empleados (paneles FV, turbinas eólicas, baterías, etc).

- Baja Tensión.

La tensión de trabajo más usual suele ser Trifásica 400 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. Si el usuario calcula una red en ALP monofásica (F-N), el programa calculará con la tensión de $400/\sqrt{3}$ V.

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).

- E. Renovables.

En instalaciones aisladas de red, donde la infraestructura eléctrica es de poca envergadura, las tensiones usuales de trabajo suelen oscilar entre 12 y 48 V cc (en corriente continua). Las cargas pueden ser alimentadas a esa misma tensión (con lo cual deberían preverse equipos especiales de corriente continua) o pueden ser alimentadas en corriente alterna convencional (230 Vac) a través de un inversor (aparatos domésticos de uso común).

En instalaciones eléctricas conectas a red, donde pueden existir huertos solares de grandes dimensiones, campos de aerogeneradores, etc, la tensión suele ser bastante mayor (600 V, etc), para que las intensidades sean menores y por tanto las caídas de tensión.

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

Menú Proyecto

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 esta 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.

En instalaciones para *Energías Renovables* con configuración *Aislada de la red (Autónoma)*, el programa calculará con una caída máxima en corriente continua del 4 % y del 3 % en corriente alterna.

Según IDAE, en instalaciones para *Energías Renovables* con configuración *Conectada a red* las caídas de tensión están parceladas de la siguiente manera:

- Desde Generadores (paneles FV, turbinas eólicas, grupos electrógenos, etc) hasta Inversor (circuito primario): 1,5 %.
- Desde el Inversor hasta la Conexión a red (circuito secundario): 2 %

Cos ϕ (factor de potencia)

El cos ϕ representa, de alguna manera, el grado de aprovechamiento de la energía en energía útil. Varía de "0" a "1", con lo cual cos ϕ = 1 representa un aprovechamiento de energía útil, en el receptor, del 100 %, mientras que un cos ϕ = 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 ϕ exacto, se suele tomar un valor medio de 0,8.

En corriente continua no existe el concepto del factor de potencia, por lo tanto no será de aplicación.

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:

$$\rho = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$$

Siendo:

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

Cu = 0.017241

Al = 0.028264

α = Coeficiente de temperatura:

Cu = 0.003929

Al = 0.004032

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.

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 (Alumbrado Público)

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.

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 (Alta Tensión)

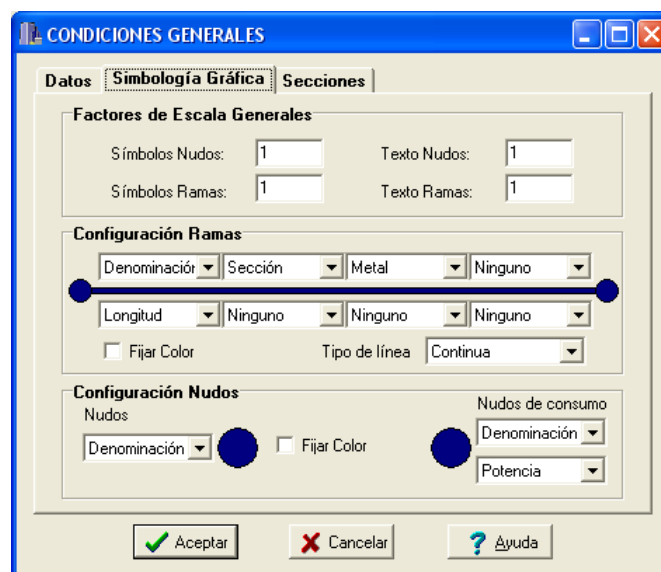
Menú Proyecto

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 t_{cc} .

$$I_{cccs} = K_c \times S / \sqrt{t_{cc}}$$

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.
- Designación del conductor.
- 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.

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 mm² 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).

Parámetros Diseño (E. Renovables)

CONDICIONES GENERALES

Datos Geográficos y Climáticos | Datos Instalación Renov. | Datos Generadores/Baterías

Datos Generales | Parámetros Diseño | Simbología Gráfica | Secciones

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE RED

Pérdidas energéticas

Pérdidas por rendimiento baterías (%): 3 | Pérdidas por autodescarga baterías (%): 0.5

Convertidor: Onda senoidal | Pérdidas por rendimiento convertidor (%): 5

Pérdidas equipos y cableado (%): 5 | Pérdidas regulador (%): 5

Ganancias energéticas

Sistema seguimiento solar: No | Ganancia (%): 0

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED

Rendimiento global anual de la instalación (%): 75

Sistema seguimiento solar: No | Ganancia (%): 0

DATOS BATERÍAS

Profundidad descarga máxima (%): 70

Temperatura media trabajo batería (°C): 20 | Días Autonomía Baterías: 3

✓ Aceptar | ✗ Cancelar | ? Ayuda

Instalación Fotovoltaica Aislada de Red

Pérdidas energéticas

En este apartado se reflejan todas las pérdidas de energía presentes en una instalación fotovoltaica aislada de red, y que podrán ser modificadas por el usuario según sus necesidades (datos más precisos de fabricantes, etc).

Las pérdidas consideradas son debidas a:

- El propio rendimiento de las baterías.
- La autodescarga de las baterías.
- El propio rendimiento del convertidor.
- Equipos varios y cableado.
- Regulador.

Ganancias energéticas

En este apartado se reflejan todas las posibles mejoras en la ganancia de energía de una instalación fotovoltaica aislada de red, cuyos valores de ganancia podrán ser modificados por el usuario según sus necesidades (datos más precisos de fabricantes, etc).

Las operaciones que mejoran la ganancia energética son:

- Sistema de seguimiento solar, para mantener en todo momento la superficie del panel lo más perpendicular posible a los rayos de sol.

Instalación Fotovoltaica Conectada a Red

Para evaluar el rendimiento global anual de la instalación deberán considerarse todas la pérdidas energéticas del sistema: en el generador FV (suciedad, conexiones, punto de trabajo de cada subcampo, transmitancia, eficiencia a baja irradiancia, temperatura de operación de la célula, etc), en el inversor (rendimiento y seguimiento del punto de máxima potencia) y en el cableado. Se puede considerar, en general, que el factor de pérdidas asciende al 25 % de la producción ideal, considerando por tanto un rendimiento en torno al 75 %. Este valor podrá ser modificado por el usuario si dispone de datos más precisos.

Con un sistema de seguimiento solar se puede mejorar la ganancia energética, cuyo valor dependerá de las posibilidades de giro de los paneles (en dos ejes, en eje vertical o en eje horizontal).

Datos Baterías

En este apartado se podrán definir diferentes características de baterías que serán utilizadas en el cálculo de éstas.

La *Profundidad de descarga* (PD) representa el cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal. Se expresa habitualmente en %. Su valor orientativo está en función del *Tipo Batería*; en cualquier caso es un dato que el usuario debería contrastar con el fabricante de estos equipos.

La *Temperatura media de trabajo* de la batería estará en función de la temperatura media del local donde esté situada. Cuando dicha temperatura media sea inferior a 20 °C la Capacidad nominal de la batería se verá reducida, efecto que habrá de considerarse en los cálculos correspondientes.

Un dato también muy importante es el *Nº de días de Autonomía* previstos en la instalación, los cuales serán cubiertos por la batería (para compensar días nublados sin radiación en instalaciones solares, días sin viento en instalaciones eólicas, etc). El dato mostrado es orientativo y depende de cada provincia. Sirva como ejemplo, que en Andalucía la Agencia de la Energía recomienda considerar al menos 5 días de autonomía (5 - 10 días).

Existen instalaciones aisladas de red que pueden disponer de dos sistemas independientes de generación (híbridas), hecho que puede motivar una *reducción en el Nº de días de Autonomía* previstos anteriormente. Esto es fácil de comprender, pues un día que no brille el sol quizás sople el viento (y viceversa), con lo cual al poder utilizar dos recursos naturales, la batería podrá tener menos prestaciones (al no ser tan indispensable en estos casos).

Datos Geográficos y Climáticos (E. Renovables)

Esta opción permite seleccionar la localidad del proyecto y junto con ésta todos sus recursos naturales, como el solar, el eólico, etc.

Datos localidad

En este apartado habrá que seleccionar la *Provincia* del proyecto, pues en su capital es donde normalmente se encuentran las estaciones meteorológicas (puntos de toma de muestras). No obstante, si la instalación está situada en una localidad que no sea capital de provincial el usuario deberá indicarlo (*Ciudad*). La *Temperatura mínima histórica*, *Latitud* y *Longitud* corresponden a la capital de provincia, datos que podrán ser válidos en muchos casos para localidades cercanas (por similitud en las condiciones climáticas, etc). Siempre es recomendable, si la localidad no coincide con la capital de provincia, indicar manualmente su *Altitud* real s.n.m.

Elección Zonas Climáticas

La Zona Climática está en correspondencia con la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal. Sólo será empleada en el cálculo de campos fotovoltaicos anexos a edificaciones que requieran ser tratados bajo las condiciones del CTE (hipermercados con más de 5.000 m², hoteles y hostales con más de 100 plazas, hospitales con más de 100 camas, etc).

Su elección puede realizarse por simple observación sobre un *Mapa Geográfico* o por selección directa de la *Provincia* y *Ciudad*.

Recurso fotovoltaico

Menú Proyecto

La Radiación solar puede obtenerse según datos de *CENSOLAR* o según las tablas del *Servicio Meteorológica Nacional*.

En ambos casos podrá existir una cierta reducción de dicha radiación solar, considerando factores de tipo *Ambiental* (contaminación atmosférica, atmósfera limpia, etc), por *Suciedad y Envejecimiento*, por *Orientación* o por *Sombras*.

Recurso eólico

Midiendo las velocidades del viento durante un año en una zona determinada se observará que los vientos huracanados tienen una probabilidad muy baja de presentarse, mientras que la probabilidad aumenta para velocidades moderadas del viento.

Según esto, la relación entre las velocidades del viento y sus probabilidades deberá ajustarse a un tipo de distribución continua, que permita encontrar una expresión matemática para calcular la energía extraíble del viento en un periodo determinado, generalmente un año.

La función de densidad de probabilidad más flexible y más ampliamente utilizada es la distribución de *Weibull*. En dicha ecuación aparecen dos parámetros, el *factor de escala C* y el *factor de forma k*, que se deben ajustar con los datos de viento medidos en un emplazamiento concreto. El parámetro *k* suele variar entre 1,5 y 3. Para *k = 2*, la anterior distribución se conoce con el nombre de distribución de *Rayleigh*, y suele ofrecer una buena aproximación en ausencia de datos concretos. El valor de velocidad situado en la mediana de la distribución (valor central) corresponderá a la probabilidad del 50 %, lo que significa que la mitad del tiempo el viento soplará a velocidades menores a la indicada y la otra mitad lo hará a velocidades superiores. La velocidad más probable, situada en el pico de la curva, se conoce como *valor modal* de la distribución.

La distribución estadística de la distribución de velocidades varía de un lugar a otro dependiendo de las condiciones climáticas, del paisaje y de las características orográficas y superficiales del terreno.

Los promotores de la energía eólica comercial miden los recursos eólicos reales, en parte, para determinar la distribución de velocidades del viento, debido a la considerable influencia de esta distribución en el potencial eólico. Donde esto no sea práctico, se pueden usar las distribuciones de velocidades de las estaciones meteorológicas más cercanas. Si no hay disponible ninguna fuente, la distribución de *Rayleigh* es la generalmente utilizada.

Según lo expuesto, para confeccionar la *Distribución de velocidades* es necesario conocer los parámetros del recurso eólico (*velocidad media de referencia, altura de referencia y coeficiente de Weibull K*). Estos datos pueden obtenerse a través del *Atlas Eólico de España*, elaborado por el IDAE. La forma de localizar los valores sería la siguiente:

- Acceder a la página web *idae.es*.
- En el menú *Areas de actividad* seleccionar el apdo. *Energías Renovables*.
- Elegir la opción *Eólica*.
- Pulsar sobre el *Atlas Eólico de España* y después *Acceder al aplicativo*.
- Hay varias formas de localizar el lugar del proyecto, una de ellas es escribiendo un *Municipio* y después seleccionándolo más abajo.
- Aparecerá una retícula de puntos en torno al lugar, con datos internos del recurso eólico en cada uno de ellos (para una *altura de referencia de 80 m*). El Mallado espacial muestra varias posibilidades:
 - 2,5 km - rosa de viento a 80 m. Muestra datos de velocidad y coeficiente *K* para cada orientación.
 - 100 m - Vv estacional a 80 m. Muestra datos de velocidad y coeficiente *K* para cada estación.
- Para visualizar los parámetros del recurso eólico bastará pulsar el botón de *Información* (i) y después seleccionar uno de los puntos de la retícula, normalmente el más próximo al lugar del proyecto.

Para obtener la velocidad a la altura del buje de aerogenerador (a partir de la velocidad a la altura de referencia), es necesario conocer la rugosidad del terreno. La *longitud de rugosidad*, que representa la altura sobre el terreno del punto en que la velocidad teórica del viento es 0, está relacionada con la *clase de rugosidad*. Ambas se obtienen en función del tipo de paisaje del lugar del proyecto (terreno abierto, ciudades, etc).

Datos Instalación Renovable (E. Renovables)

Periodo utilización instalación solar

Esta opción permitirá al usuario identificar la época del año donde se dará preferentemente la demanda energética (debido a la utilización de los equipos eléctricos, etc), pues en función de ésta se obtendrá automáticamente la inclinación óptima del captador.

Si la demanda es constante durante todo el año, se considera que la inclinación óptima coincide con la latitud de la localidad - 10°, si se sitúa preferentemente durante el invierno, es más recomendable una inclinación igual a la latitud + 10° (en invierno al estar el sol más bajo conviene levantar el panel) y si la demanda se sitúa

preferentemente en verano, es mejor una inclinación igual a la latitud - 20° (en verano al estar el sol más alto conviene acostar el panel).

Angulo de inclinación paneles

Es el ángulo que forma la superficie del panel con el plano horizontal. Su valor es obtenido automáticamente en función del periodo de utilización de la instalación, no obstante, siempre podrá ser modificado por el usuario según sus necesidades.

En función de su valor se obtendrá automáticamente la radiación solar recibida por los paneles FV.

Angulo de los paneles respecto al sur, Azimut

Es el ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur y 90° para módulos orientados al este y oeste.

Este valor se utilizará para comprobar la exigencia del CTE en cuanto a pérdidas energéticas y, en su caso, para corregir la radiación solar sobre los paneles FV.

Ubicación paneles en edificio

Caso

Hace referencia a la situación del campo FV sobre el exterior del edificio, cuando sea de aplicación. Se considera que existe Integración Arquitectónica cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales o son elementos constituyentes de la composición arquitectónica. Se considera que existe Superposición Arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal, con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos. En el caso General, no se dará ninguno de los casos anteriores (integración o superposición).

Esta opción se utilizará para comprobar la exigencia del CTE en cuanto a pérdidas energéticas.

| <u>Caso</u> | <u>Pérdidas Límite</u> <u>Orientación e inclinación</u> | <u>Sombras</u> | <u>Total</u> |
|---------------|------------------------------------------------------------|----------------|--------------|
| General | 10 % | 10 % | 15 % |
| Superposición | 20 % | 15 % | 30 % |
| Integración | 40 % | 20 % | 50 % |

Cubierta edificio

Si se ha optado por la opción General (sin superposición ni integración), el usuario podrá definir el tipo de cubierta del edificio, para que así pueda calcular el programa automáticamente la separación entre filas de paneles FV y entre éstos y antepechos cercanos. Por semejanza, también se podrá utilizar esta opción para calcular la separación en filas de paneles situados en el campo (huerto solar).

Disposición paneles

Indica la forma de ubicar los módulos FV sobre la cubierta del edificio o solar, pudiendo estar en disposición vertical (con su dimensión menor apoyada en el suelo) o en disposición horizontal (con su dimensión mayor apoyada sobre el suelo). Esta opción se utilizará para calcular la separación entre filas de paneles, debiendo definir por tanto el *Nº de filas* de módulos FV que incluye cada panel.

Pérdidas sombras

Esta opción permite definir las Pérdidas globales debidas a sombras sobre el campo FV. Este porcentaje deberá indicarlo el usuario según Diagrama de trayectorias del sol del CTE y el programa le comprobará si el valor indicado cumple las exigencias del CTE.

Por otra parte, también se permite al usuario indicar un porcentaje de pérdidas en cada mes del año (pues el sol nunca está en la misma posición), con el fin de que el programa pueda calcular la radiación solar útil sobre el campo FV mes a mes.

Datos Eólica

En esta opción se deberá definir la *Altura del buje* de la turbina eólica respecto al suelo, para así poder referir los datos del recurso eólico del lugar a dicha altura real.

Datos Generadores/Baterías (E. Renovables)

Es el lugar donde definir el *Fabricante*, y en su caso el *Modelo*, de los equipos presentes en la instalación, en particular de los *Módulos FV*, *Aerogeneradores* (turbinas eólicas) y *Baterías* para almacenamiento eléctrico.

Al apdo. *Módulos FV* se vuelcan todos los valores existentes en bases de datos (dimensiones, parámetros eléctricos, etc).

En el apdo. *Aerogeneradores*, si se trata de una instalación eólica conectada a red, habrá que identificar al *Fabricante* y *Modelo* de la turbina, con lo cual se volcarán automáticamente todos los valores existentes en bases de datos (parámetros de la curva de potencia, diámetro de las palas, etc). Caso contrario, si se trata de una instalación autónoma (aislada de red), la elección del modelo (y por tanto de la potencia nominal) podrá ser realizada automáticamente por el programa (en función de los equipos definidos en la *Ficha de Necesidades*) o podrá ser definida por el usuario (en este caso el programa advertirá si el modelo no es adecuado a la potencia de la instalación). En este último caso también será posible trabajar con varios aerogeneradores conectados en *Paralelo*.

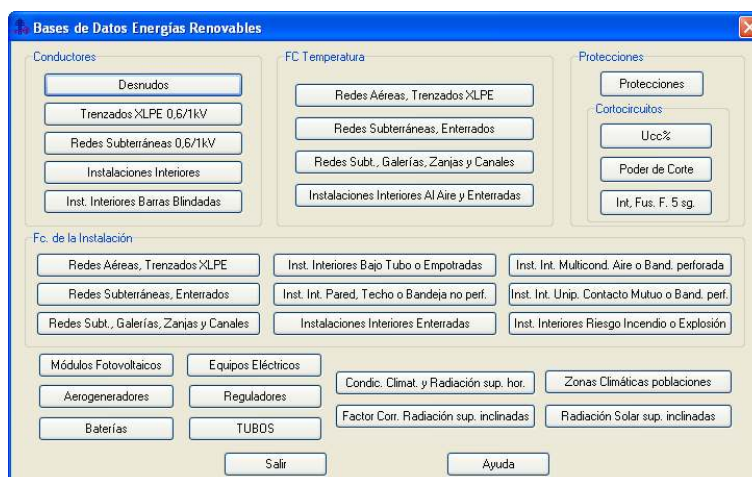
Al apdo. *Baterías* se volcarán todos los *Fabricantes* de acumuladores eléctricos existentes en bases de datos. De cualquier forma, habrá que definir la *batería base* para confeccionar el conjunto de acumulación eléctrica (compuesto por un gran número de módulos). Las baterías tipo *Monobloc*, como su propio nombre indica, están formadas por un solo bloque; es decir, no es necesario asociarlas para obtener, por ejemplo, 12 V. Son de menor capacidad que las de un vaso o elemento. Se utilizan en pequeñas instalaciones de poca potencia. Las baterías de *Elementos o vasos* se encuentran separadas en células independientes. Como la tensión de un vaso o célula es del orden de 2 V, será necesario conectarlas en serie hasta obtener la tensión del campo fotovoltaico. Estas baterías son de mayor capacidad que las monobloc. Los datos de *Tensión*, *Duración de descarga* y *Capacidad Nominal* se refieren a la batería base seleccionada, posteriormente calculará el programa el nº de ellas que son necesarias para conseguir la tensión del campo FV y la capacidad total.

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

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 los *conductores homogéneos* de cobre, aluminio y aleación de aluminio (Al-Mg-Si), así como los valores de los *conductores bimetálicos* de aluminio reforzados con acero, de aleación de aluminio (Al-Mg-Si) reforzados con acero y de aluminio reforzados con acero recubierto de aluminio.

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 Ucc (%)

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:

Menú Proyecto

$$I_{k3} = \frac{U/\sqrt{3}}{Z_{cc}} \quad (1)$$

Siendo:

- I_{k3} = 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:

$$I_{k3} = \frac{(U/\sqrt{3}) \cdot I_n}{Z_{cc} \cdot I_n}$$

$$I_{k3} = \frac{I_n}{\frac{Z_{cc} \cdot I_n}{U/\sqrt{3}}}$$

$$I_{k3} = \frac{I_n}{\frac{Z_{cc} \cdot I_n}{U_F}}$$

$$I_{k3} = \frac{I_n}{U_{cc} \text{ (p.u.)}}$$

$$I_{k3} = \frac{100 I_n}{U_{cc} \%}$$

La anterior ecuación demuestra que se puede expresar la I_{k3} 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} (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.

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, $I_{cc} 5 (A)$, ha de ser superior a la intensidad de fusión del fusible en 5 s, I.F. 5 (A).

$$I_{cc} 5 (A) > I.F. 5 (A)$$

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.

$$I_{Kmin} (A) \geq I.F. 5 (A)$$

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).

Módulos Fotovoltaicos

Esta base de datos muestra los parámetros característicos de módulos FV para aprovechamiento de energía solar. En este caso, los valores han sido obtenidos por los fabricantes de dichos elementos.

El usuario podrá crear un fabricante nuevo siempre que disponga de un catálogo adecuado.

La secuencia de pasos, para crear un fabricante e indicar los parámetros característicos de sus productos, será la siguiente:

- Pulsar la opción *Crear* e indicar el nombre del *fabricante* (Denominación).
- *Crear* un *modelo*, según la gama de productos del fabricante (Denominación).
- Definir las dimensiones generales del módulo FV (para dicho modelo).

Cabe reseñar que en los módulos la *Longitud* representa siempre su mayor dimensión, por lo tanto si la disposición es vertical dicha arista será la que esté al aire y si la disposición es horizontal ese borde será el que está en contacto con el suelo.

- Definir los parámetros eléctricos del modelo, como la *Potencia máxima* o pico, la *Tensión de vacío* (en circuito abierto), la *Corriente de c.c.* en bornes del módulo, el *Voltaje y Corriente para el punto de máxima potencia* generada, la *Eficiencia* o rendimiento, los *Coefficientes de corrección por Temperatura* de P_{max} , I_{sc} y V_{oc} , y la *Temperatura Normal de Operación de la Célula*. En función de estos parámetros se podrán visualizar las curvas características (I-V y P) de cada modelo.

Si para el fabricante seleccionado existen más modelos se pueden crear y cumplimentar todos ellos, siguiendo la descripción anterior.

Se permite renombrar, borrar o copiar un fabricante completo o uno de los modelos de dicho fabricante.

Aerogeneradores

Esta base de datos muestra los parámetros característicos de turbinas para aprovechamiento de energía eólica. En este caso, los valores han sido obtenidos por los fabricantes de dichos elementos.

El usuario podrá crear un fabricante nuevo siempre que disponga de un catálogo adecuado.

La secuencia de pasos, para crear un fabricante e indicar los parámetros característicos de sus productos, será la siguiente:

- Pulsar la opción *Crear* e indicar el nombre del *fabricante* (Denominación).
- *Crear un modelo*, según la gama de productos del fabricante (Denominación).
- Para dicho modelo, definir los puntos *Velocidad viento* frente a *Potencia entregada*, para configurar la curva de potencia del fabricante.
- Para dicho modelo, definir la *Potencia nominal*, *Velocidad de viento nominal*, *Diámetro de la palas* y *Densidad del aire* ensayado en la obtención de los puntos citados.

Si para el fabricante seleccionado existen más modelos se pueden crear y cumplimentar todos ellos, siguiendo la descripción anterior.

Se permite renombrar, borrar o copiar un fabricante completo o uno de los modelos de dicho fabricante.

Baterías

Esta base de datos muestra los parámetros característicos de baterías para acumulación de energía eléctrica. En este caso, los valores han sido obtenidos por los fabricantes de dichos elementos.

El usuario podrá crear un fabricante nuevo siempre que disponga de un catálogo adecuado.

La secuencia de pasos, para crear un fabricante e indicar los parámetros característicos de sus productos, será la siguiente:

- Pulsar la opción *Crear* e indicar el nombre del *fabricante* (Denominación).
- Seleccionar el *Tipo* de batería (monobloc o de elementos-vasos) y la *Tensión* en sus bornes. De cualquier forma, los fabricantes suelen comercializar las dos configuraciones, por lo tanto habrán de cumplimentarse las dos opciones (cada una con su gama de tensiones).
- Para cada combinación *Tipo-Tensión* definir la gama de *Modelos* con su lista de *Capacidades Nominales (C)* en función de la *Duración de la descarga* ensayada por el fabricante (5 h, 10 h, 20 h, etc). Como en energía solar las descargas suelen ser lentas, los fabricantes suelen dar la capacidad nominal para un tiempo de descarga de 100 horas (C100).

Se permite renombrar, borrar o copiar un fabricante completo.

Equipos Eléctricos

Esta base de datos muestra la relación de *Equipos Eléctricos*, con su potencia nominal, que estarán disponibles a la hora de realizar el *Estudio de Necesidades* de instalaciones autónomas (aisladas de red).

El usuario podrá cambiar la potencia de los equipos existentes o añadir otros nuevos. Para añadir un equipo nuevo el usuario deberá posicionarse sobre el último equipo y pulsar Enter. Se abrirá un nuevo renglón donde poder escribir.

Si el usuario desea añadir un equipo nuevo en mitad de la tabla, no al final, entonces deberá pulsar sobre el botón *Insertar Equipo*.

Reguladores

Esta base de datos muestra la Intensidad Nominal de *Reguladores* que controlan la sobrecarga y, en ocasiones, la sobredescarga de las baterías.

Para cada tensión nominal aparece la lista de intensidades nominales disponibles, la cual podrá ser modificada por el usuario según sus necesidades.

Condiciones Climáticas y Radiación sobre superficie horizontal

Esta tabla muestra las condiciones climáticas para cada provincia:

- Datos geográficos, como la altitud, latitud, longitud y temperatura mínima histórica.
- Días de autonomía de la instalación, que serán cubiertos por las baterías.
- Radiación sobre superficie horizontal (Fuente de datos: CENSOLAR).

Las diferentes magnitudes proporcionadas corresponden a mediciones generalmente efectuadas en la capital.

Factor corrección radiación solar superficies inclinadas

En la tabla anterior aparecen los datos de la radiación solar sobre superficie horizontal proporcionados por CENSOLAR, no obstante, para obtener la radiación sobre la superficie del panel (con una cierta inclinación) se deberá multiplicar por estos factores de corrección (también facilitados por CENSOLAR).

Zonas climáticas poblaciones

Esta tabla indica la zona climática a la que pertenecen un cierto número de ciudades de España. Estas zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas:

| <u>Zona climática</u> | <u>MJ/m²</u> |
|-----------------------|-------------------------|
| I | $H < 13,7$ |
| II | $13,7 \leq H < 15,1$ |
| III | $15,1 \leq H < 16,6$ |
| IV | $16,6 \leq H < 18,0$ |
| V | $H \geq 18,0$ |

Los valores mostrados coinciden con los expresados en el CTE. Este dato se utilizará para obtener la potencia pico a instalar en edificaciones o recintos donde sea de aplicación el DB-HE 5 del CTE.

Radiación Solar sobre superficies inclinadas

En esta tabla se muestran los valores de radiación solar sobre la superficie de paneles (según el ángulo de inclinación de éstos) para cada provincia y mes del año.

Los datos han sido facilitados por el Servicio Meteorológico Nacional y es una fuente alternativa a Censolar.

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

Menú Proyecto

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 metafichero 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 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, REDAT y RENOVABLES
- Mensajes
- ZOOMS
- Vista global
- Imagen de fondo
- Nudos-Ramas
- Texto-Nudos
- Texto-Ramas
- Cambiar color de fondo

Barra de Botones

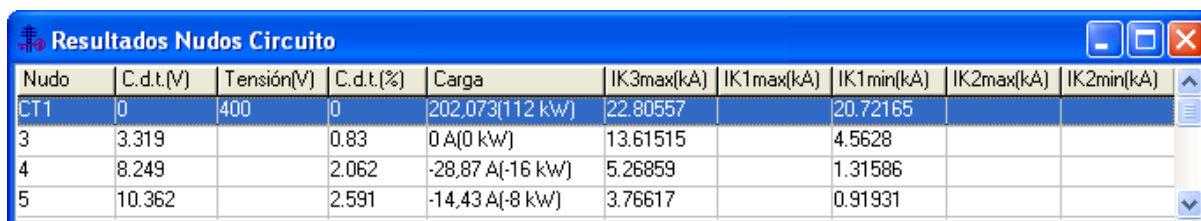
Esta opción permite visualizar u ocultar las paletas del programa (nudos, ramas, herramientas, etc). Para trabajar más cómodamente y con mayor rapidez es aconsejable que estén siempre visibles.

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, REDAT y RENOVABLES

Resultados Nudos

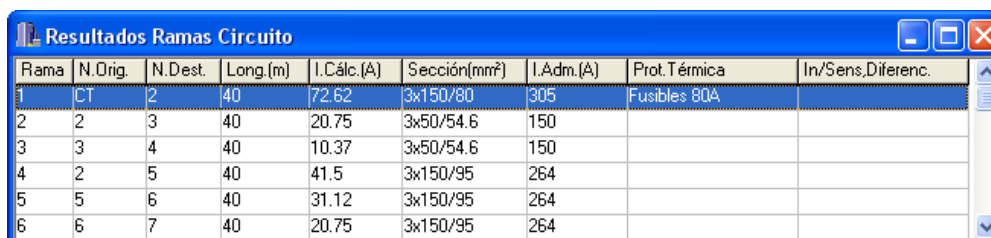


| Nudo | C.d.t.(V) | Tensión(V) | C.d.t.(%) | Carga | IK3max(kA) | IK1max(kA) | IK1min(kA) | IK2max(kA) | IK2min(kA) |
|------|-----------|------------|-----------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| CT1 | 0 | 400 | 0 | 202,073(112 kW) | 22.80557 | | 20.72165 | | |
| 3 | 3.319 | | 0.83 | 0 A(0 kW) | 13.61515 | | 4.5628 | | |
| 4 | 8.249 | | 2.062 | -28,87 A(-16 kW) | 5.26859 | | 1.31586 | | |
| 5 | 10.362 | | 2.591 | -14,43 A(-8 kW) | 3.76617 | | 0.91931 | | |

Esta ventana muestra los siguientes datos:

- Denominación de los nudos.
- Función del nudo dentro de la instalación fotovoltaica y/o eólica.
- 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) en cabecera de la alimentación.
- Carga demandada en los nudos de consumo (-) o aportada en los nudos de suministro de energía eléctrica (+).
- Intensidad permanente de cortocircuito trifásica, monofásica y bifásica máxima en cada nudo y la intensidad permanente de cortocircuito monofásica y bifásica mínima en cada nudo.

Resultados Líneas

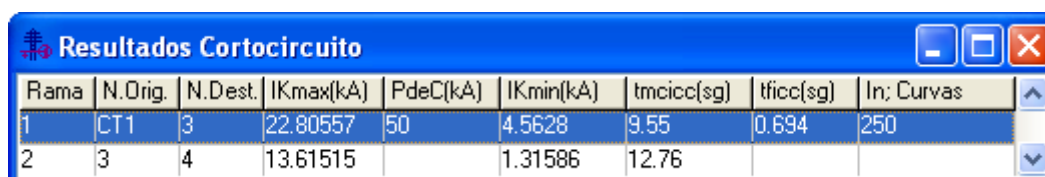


| Rama | N.Orig. | N.Dest. | Long.(m) | I.Cálc.(A) | Sección(mm²) | I.Adm.(A) | Prot.Térmica | In/Sens.Diferenc. |
|------|---------|---------|----------|------------|--------------|-----------|--------------|-------------------|
| 1 | CT | 2 | 40 | 72.62 | 3x150/80 | 305 | Fusibles 80A | |
| 2 | 2 | 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 | | |

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. | IKmax(kA) | PdeC(kA) | IKmin(kA) | tmcicc(sg) | tficc(sg) | In; Curvas |
|------|---------|---------|-----------|----------|-----------|------------|-----------|------------|
| 1 | CT1 | 3 | 22.80557 | 50 | 4.5628 | 9.55 | 0.694 | 250 |
| 2 | 3 | 4 | 13.61515 | | 1.31586 | 12.76 | | |

Esta ventana muestra los siguientes datos:

Menú Ver

- Denominación de la rama.
- Nudo origen y destino que definen cada rama.
- IKmax - 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), monofásico o bifásico (si la red es monofásica o bifásica) 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 ($P. \text{ de C.} \geq IK_{\text{max}}$). En el módulo de E. Renovables esta intensidad de c.c. es la que aportan el conjunto de generadores (módulos FV, turbinas eólicas, etc).
- 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 IKmax (kA), pues $P. \text{ de C.} \geq IK_{\text{max}}$, y del tipo de protección empleado, interruptores automáticos/magnetotérmicos o fusibles.
- IKmin - Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (A). Representa la intensidad permanente de c.c., en kA, 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 IKmin (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 IKmin. En el módulo de E. Renovables esta intensidad de c.c. es la que aportan el conjunto de generadores (módulos FV, turbinas eólicas, etc).
- 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 Ikmin (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 (IKmin).
- In. Calibre nominal de la protección contra 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

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, bifásica o monofásica máxima).
- Poder de corte de las protecciones.
- Intensidad de c.c. en fin de línea (bifásico o 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.

Menú Cálculos

- 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 |
| - Margas y arcillas compactas | 100 a 200 |
| - Margas del jurásico | 30 a 40 |
| - Arena arcillosa | 50 a 500 |
| - Arena silíceo | 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**

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*".

RENOVABLES: Dicho documento se denomina como "*MEMORENOV.RTF*", que estará localizable en la carpeta de "*RENOVABLES*".

CT PREFABRICADO: Dicho documento se denomina como "*MEMOCTP.RTF*", que estará localizable en la carpeta de "*CT*".

CT OBRA: Dicho documento se denomina como "*MEMOCTO.RTF*", que estará localizable en la carpeta de "*CT*".

CT INTEMPERIE: Dicho documento se denomina como "*MEMOCTI.RTF*", que estará localizable en la carpeta de "*CT*".

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*".

RENOVABLES: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".*JER*"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.*JER*", que estará localizable en la carpeta de "*Proyectos Urbanización*".

CT PREFABRICADO: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".*JCP*"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.*JCP*", que estará localizable en la carpeta de "*Proyectos Urbanización*".

Menú Resultados

CT OBRA: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".JCO"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.JCO", que estará localizable en la carpeta de "Proyectos Urbanización".

CT INTEMPERIE: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".JCI"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.JCI", 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".

RENOVABLES: Dicho documento se denomina como "PLIERENOV.RTF", que estará localizable en la carpeta de "RENOVABLES".

CT PREFABRICADO: Dicho documento se denomina como "PLIECTP.RTF", que estará localizable en la carpeta de "CT".

CT OBRA: Dicho documento se denomina como "PLIECTO.RTF", que estará localizable en la carpeta de "CT".

CT INTEMPERIE: Dicho documento se denomina como "PLIECTI.RTF", que estará localizable en la carpeta de "CT".

Medición

La *Medición* del proyecto es aquel documento donde se contabiliza toda la aparamenta 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".

RENOVABLES: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".MER"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.MER", que estará localizable en la carpeta de "Proyectos Urbanización".


CT PREFABRICADO: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".MCP"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.MCP", que estará localizable en la carpeta de "Proyectos Urbanización".

CT OBRA: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".MCO"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.MCO", que estará localizable en la carpeta de "Proyectos Urbanización".

CT INTEMPERIE: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión ".MCI"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", el anexo al generarse se almacenará en el fichero "EJEMPLO.MCI", 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".

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".

RENOVABLES: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión "___RENOVABLES.DXF"; así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", los planos al generarse se almacenarán en el fichero "EJEMPLO_RENOVABLES.DXF", que estará localizable en la carpeta de "Proyectos Urbanización".

CT PREFABRICADO: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión "___CTP.DXF", así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", los planos al generarse se almacenarán en el fichero "EJEMPLO_CTP.DXF", que estará localizable en la carpeta de "Proyectos Urbanización".

CT OBRA: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión "___CTO.DXF", así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", los planos al generarse se almacenarán en el fichero "EJEMPLO_CTO.DXF", que estará localizable en la carpeta de "Proyectos Urbanización".

CT INTEMPERIE: Dicho documento se denomina con el nombre del proyecto, seguido de la extensión "___CTI.DXF", así, si nuestro proyecto se llama "EJEMPLO", los planos al generarse se almacenarán en el fichero "EJEMPLO_CTI.DXF", que estará localizable en la carpeta de "Proyectos Urbanización".

Apéndice técnico

- **Resumen de fórmulas**

Resumen de fórmulas

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico:

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos\varphi \times R \text{ (A)}$$

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\varphi) \text{ (V)}$$

Sistema Monofásico y Corriente Continua:

$$I = P_c / U \times \cos\varphi \times R \text{ (A)}$$

$$e = (2 \times L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\varphi) \text{ (V)}$$

Siendo:

P_c = 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.

$\cos\varphi$ = Coseno de φ . Factor de potencia. En Corriente continua, $\cos\varphi = 1$.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N° de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en m Ω /m.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1+\alpha(T-20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max}-T_0)(I/I_{\max})^2]$$

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.

$$Cu = 0.017241$$

$$Al = 0.028264$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.003929$$

$$Al = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T_0 = 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

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Apéndice técnico

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

$$I_{kMax} = Ct U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo:

I_{kMax}: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_t: 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

$$I_{kMin} = Ct U_F / 2 Z_t$$

Siendo,

I_{kMin}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t: Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

Z_t: 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:

R_t: R₁ + R₂ + + R_n (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t: X₁ + X₂ + + X_n (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

R = L · 1000 · C_R / K · S · n (mohm)

X = X_u · L / n (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: n° de conductores por fase.

Tiempo que soporta el conductor la corriente de c.c.

$$t_{mcicc} = C_c \cdot S^2 / I_{kMin}^2$$

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_{kMin} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

Tiempo de fusión de los fusibles

$$t_{ficc} = cte. \text{ fusible} / I_{kMin}^2$$

Siendo:

t_{ficc} : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.
 I_{kMin} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

Longitud máxima protegida a c.c.

$$L_{max} = 0,8 \cdot U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

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 (mm²)

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 In |
| CURVA C | IMAG = 10 In |
| CURVA D Y MA | IMAG = 20 In |

Fórmulas Resistencia Tierra

Placa enterrada

$$R_t = 0,8 \cdot \rho / P$$

Siendo,

R_t : Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

P: Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,

R_t : Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,

R_t : Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud del conductor (m)

Asociación en paralelo de varios electrodos

$$R_t = 1 / (L_c/2\rho + L_p/\rho + P/0,8\rho)$$

Siendo,

R_t : Resistencia de tierra (Ohm)

Apéndice técnico

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)
Lc: Longitud total del conductor (m)
Lp: Longitud total de las picas (m)
P: Perímetro de las placas (m)

Instalación Fotovoltaica Aislada de Red

Rendimiento energético de la instalación

$$R = [1 - k_b - k_c - k_v - k_r] \cdot [1 - (k_a \cdot N / P_d)]$$

Siendo,

R: Rendimiento energético de la instalación.
k_b: Coeficiente de pérdidas por rendimiento Baterías.
k_c: Coeficiente de pérdidas en Convertidor.
k_v: Coeficiente de pérdidas en Equipos y Cableado.
k_r: Coeficiente de pérdidas en Regulador.
k_a: Coeficiente de Pérdidas por Autodescarga Baterías.
N: N° Días de Autonomía de la instalación, cubiertos por la batería.
P_d: Profundidad descarga máxima baterías (%/100).

Potencia útil módulos Fotovoltaicos

$$P_u = P_p \cdot f_{spmp} \cdot f_{pb} \cdot f_t$$

Siendo,

P_u: Potencia útil módulos fotovoltaicos (W).
P_p: Potencia máxima (pico) módulos fotovoltaicos (W).
f_{spmp}: Factor ganancia seguimiento punto máxima potencia.
f_{pb}: Factor ganancia paneles bifaciales.
f_t: Factor temperatura células.

N° Módulos Fotovoltaicos necesario

$$N_p = E / E_p$$

Siendo,

N_p: Número módulos fotovoltaicos necesario.
E: Energía diaria necesaria en el mes en estudio (Wh/día) = E_t / R.
E_t: Consumo eléctrico diario en el mes en estudio (Wh/día).
R: Rendimiento energético de la instalación.
E_p: Energía diaria generada por paneles fotovoltaicos en el mes en estudio (Wh/día) = P_u · HSP.
P_u: Potencia útil módulos fotovoltaicos.
HSP: Recurso fotovoltaico, Horas Sol Pico mes en estudio (h/día).

Instalación Fotovoltaica Conectada a Red

$$E_g = P_p \cdot N_p \cdot R \cdot HSP \cdot N_d / 1000$$

Siendo,

E_g: Energía mensual generada (kWh/mes).
P_p: Potencia máxima (pico) módulos fotovoltaicos (W).
N_p: N° módulos fotovoltaicos instalados.
R: Rendimiento global anual de la instalación (%/100).
HSP: Recurso fotovoltaico, Horas Sol Pico mes en estudio (h/día).
N_d: N° días mes en estudio.

Instalación Eólica

Velocidad media del viento a la altura del buje del aerogenerador

$$V_m = V_{mref} \cdot [\ln(H/z_o) / \ln(H_{ref}/z_o)]$$

Siendo,

V_m: Velocidad media del viento a la altura del buje del aerogenerador (m/s).
V_{mref}: Velocidad media de referencia de la distribución anual de velocidades del viento (m/s).
H_{ref}: Altura de referencia de la distribución anual de velocidades del viento (m/s).
H: Altura del buje del aerogenerador (m).
z_o: Longitud de rugosidad en función del tipo de paisaje (m).

Modelización del comportamiento del viento

$$f(v) = (k/C) \cdot (v/C)^{k-1} \cdot e^{-1 \cdot (v/C)^k}$$

$$C = V_m / \Gamma(1 + 1/k)$$

Siendo,

$f(v)$: Distribución de Weibull, densidad de frecuencia de ocurrencia anual (tanto por uno) de una determinada velocidad del viento.

k : Coeficiente de Weibull.

C : Factor de escala de la distribución de Weibull.

v : Velocidad del viento considerado (m/s).

Γ : Función Gamma de Euler.

Densidad de potencia de los vientos del lugar

$$DPv_i = \rho \cdot v_i^3 / 2$$

$$\rho = 1.22565 \cdot e^{[-0,034 \cdot \text{Alt} / (273,15 + t)]}$$

Siendo,

DPv_i : Densidad de potencia de un determinado viento del lugar (W/m^2).

v_i : Velocidad del viento considerado (m/s).

ρ : Densidad del aire del lugar (kg/m^3).

Alt: Altitud s.n.m. del lugar (m).

t: Temperatura del lugar ($^{\circ}C$).

Densidad de potencia del viento a la entrada del aerogenerador

$$DPve_i = DPv_i \cdot f(v_i)$$

$$DPve = \sum_i DPve_i$$

Siendo,

$DPve_i$: Densidad de potencia a la entrada del aerogenerador, para un determinado viento del lugar (W/m^2).

$DPve$: Densidad de potencia a la entrada del aerogenerador, considerando todos los vientos del lugar durante un año (W/m^2).

Máxima Densidad de potencia interceptada por el aerogenerador

$$DPvB_i = (16/27) \cdot DPv_i \cdot f(v_i)$$

Siendo,

$DPvB_i$: Máxima Densidad de potencia interceptada por el aerogenerador (teórica), para un determinado viento del lugar - Ley de Betz (W/m^2).

Densidad de potencia entregada por el aerogenerador

$$DPs_i = (1000/A) \cdot P_i \cdot f(v_i)$$

$$A = (\pi/4) \cdot D^2$$

$$DPs = \sum_i DPs_i$$

Siendo,

DPs_i : Densidad de potencia entregada por el aerogenerador, para un determinado viento del lugar (W/m^2).

A: Área de barrido de las palas de la turbina eólica (m^2).

D: Diámetro de las palas de la turbina eólica (m).

P_i : Potencia del aerogenerador en función del viento considerado (kW). Curva del fabricante.

DPs : Densidad de potencia entregada por el generador, considerando todos los vientos del lugar durante un año (W/m^2).

Densidad anual de producción de energía del aerogenerador

$$DAE = (8766/1000) \cdot DPs$$

Apéndice técnico

Siendo,

DAE: Densidad anual de producción de energía del aerogenerador (kWh/m²/año).

Producción anual de energía del aerogenerador

$$PAE = A \cdot DAE$$

Siendo,

PAE: Producción anual de energía del aerogenerador (kWh/año).

Coefficiente de potencia o Rendimiento del aerogenerador

$$Cp_i = DP_{Si} / DP_{Ve_i}$$

Siendo,

Cp_i : Coeficiente de potencia o rendimiento del aerogenerador, para un determinado viento del lugar.

Factor de carga del aerogenerador

$$fc = (PAE \cdot 100) / (P_n \cdot 8766)$$

Siendo,

fc: Factor de carga del aerogenerador (%).

P_n: Potencia nominal del aerogenerador.

Capacidad Baterías Instalaciones Autónomas

$$C = Cu / (Pd \cdot Kt)$$

Siendo,

C: Capacidad total baterías (Ah).

Cu: Capacidad útil baterías (Ah) = E · N / U.

E: Energía diaria necesaria en el mes en estudio (Wh/día).

N: Nº Días de Autonomía de la instalación, cubiertos por la batería.

U: Tensión campo fotovoltaico o instalación eólica cc (V).

Pd: Profundidad descarga máxima baterías (%/100).

Kt: Coeficiente temperatura baterías = 1 - Δt/160; Δt = 20 - t.

t: Tª media trabajo baterías (°C).

Cálculos en Centros de transformación

Intensidad en Alta Tensión

$$Ip = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot Up}$$

Siendo:

S: Potencia del transformador en kVA.

Up: Tensión compuesta primaria en kV.

Ip: Intensidad primaria en A.

Intensidad en Baja Tensión

$$Is = \frac{S \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot Us}$$

Siendo:

S: Potencia del transformador en kVA.

Us: Tensión compuesta en carga en el secundario en V.

Is: Intensidad secundaria en A.

Intensidad de cortocircuito en Alta Tensión

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

Siendo:

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

Intensidad de cortocircuito en Baja Tensión

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

Siendo:

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

Dimensionado del embarrado

- Comprobación por densidad de corriente

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

Siendo:

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

- Comprobación por sollicitación electrodinámica

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

Siendo:

σ_{max} : Tensión máxima admisible a tracción del material de los conductores en kg/cm². Para cobre semiduro: 2800 kg/cm².
 I_{ccp} : Intensidad permanente de c.c. trifásica en kA.
 L : Separación longitudinal entre apoyos en cm.
 d : Separación entre fases en cm.
 W : Módulo resistente de los conductores en cm³.

- Comprobación por sollicitación térmica a c.c.

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

Siendo:

I_{th} : Intensidad eficaz en A.
 α : 13 para Cu.
 S : Sección del embarrado en mm².
 ΔT : Elevación o incremento máximo de temperatura (150 °C para Cu).
 t : tiempo de duración del c.c. en s.

Dimensionado de la ventilación del centro de transformación

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

Siendo:

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

Apéndice técnico

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

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

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

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

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

Cálculo de las instalaciones de Puesta a Tierra

- Resistencia de la puesta a tierra

$$R_t = K_r \cdot \rho$$

Siendo:

R_t : Resistencia total de puesta a tierra en Ω .

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

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

- Intensidad máxima de defecto a tierra

* Neutro puesto a tierra

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

Siendo:

I_d : Intensidad máxima de defecto a tierra en A.

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

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

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

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

* Neutro aislado

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

Siendo:

I_d : Intensidad máxima de defecto a tierra en A.

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

ω : $2 \cdot \pi \cdot f$ = velocidad eléctrica (f=50 Hz).

C_a : Capacidad de la línea aérea A.T. (F/km).

L_a : Longitud de la línea aérea A.T. (km).

C_s : Capacidad de la línea subterránea A.T. (F/km).

L_s : Longitud de la línea subterránea A.T. (km).

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

- Nivel de aislamiento del equipo B.T.

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

Siendo:

U_{bt} : Nivel de aislamiento (tensión de aislamiento) a frecuencia industrial del equipo de baja tensión en V.

U_{dm} : Máxima tensión de defecto a tierra en V.

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

I_d : Intensidad máxima de defecto a tierra en A.

- Tensión de contacto máxima en la instalación

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

U_{cm} : Tensión de contacto máxima que se produce en el interior o exterior de la instalación en V.

K_c : Coeficiente K_c de la tensión de contacto (parámetro característico según método UNESA).

ρ : Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$ para la tensión de contacto máxima en el exterior o Resistividad del pavimento (normalmente hormigón, 3000 $\Omega \cdot m$) para la tensión de contacto máxima en el interior.

I_d : Intensidad máxima de defecto a tierra en A.

- Tensión de paso máxima en la instalación

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

U_{pm} : Tensión de paso máxima que se produce en el interior o exterior de la instalación en V.

K_p : Coeficiente K_p de la tensión de paso (parámetro característico según método UNESA).

ρ : Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$ para la tensión de paso máxima en el exterior o Resistividad del pavimento (normalmente hormigón, 3000 $\Omega \cdot m$) para la tensión de paso máxima en el interior.

I_d : Intensidad máxima de defecto a tierra en A.

- Tensión de contacto admisible en la instalación

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{(Ra1/2) + 1,5\rho}{1000} \right]$$

Siendo:

U_c : Tensión de contacto máxima admisible en la instalación en V.

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

$Ra1$: Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante.

- Tensión de paso admisible en la instalación

$$U_p = 10U_{ca} \left[1 + \frac{(2Ra1) + 6\rho}{1000} \right]$$

Siendo:

U_p : Tensión de paso máxima admisible en la instalación en V.

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

$Ra1$: Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante.

- Tensión de paso admisible en el acceso a la instalación

$$U_{pacc} = 10U_{ca} \left[1 + \frac{(2Ra1) + 3\rho + 3\rho'}{1000} \right]$$

Siendo:

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

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

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

$Ra1$: Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante.

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

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

Siendo:

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

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

I_d : Intensidad de defecto a tierra en A.