

AYUDA PARA EL MANEJO DE CALIN

1. DESCRIPCIÓN

CALIN (CA^lculo de LI^Nneas) es un libro de cálculo que permite determinar la sección de líneas eléctricas de B.T., mono o trifásicas equilibradas, a base de cables aislados. Este cálculo se realiza atendiendo a los criterios térmico y de caída de tensión.

Este libro de cálculo tiene en cuenta la caída de tensión debida a la reactancia del cable y el efecto de la temperatura sobre la resistividad del conductor.

En el caso de redes de distribución con líneas de diferentes secciones, cada línea se analiza mediante una sesión diferente de CALIN. Se empieza calculando la/s línea/s general/es, luego las derivaciones del primer nivel, luego las del segundo nivel, ...

CALIN permite estudiar líneas con hasta 30 nudos. Estas líneas pueden contener cargas concentradas y/o uniformemente distribuidas y estar alimentada por uno o por ambos extremos a igual tensión. Las líneas en anillo se cortan idealmente por el nudo de alimentación y, en consecuencia, se estudian como alimentadas por ambos extremos a igual tensión.

CALIN consta de 7 hojas de cálculo interrelacionadas, a las cuáles se puede acceder mediante las pestañas que aparecen en la parte inferior de la pantalla:

- * Datos: En esta hoja se introducen la mayor parte de los datos necesarios para calcular una línea. En la parte derecha se calcula el reparto de corrientes con la suposición que la resistividad de la línea es constante.
- * Resultados: En la parte superior de esta hoja se dan los resultados de un cálculo preliminar de la sección sin tener en cuenta el efecto de la temperatura. En función de estos resultados, se introducen los datos que faltaban para completar el cálculo preciso de la línea, cuyos resultados más importantes aparecen en la parte inferior de esta hoja.
- * Resumen: Muestra un resumen de los resultados finales obtenidos.
- * Cálculos 1: Realiza un cálculo preliminar de la sección de la línea suponiendo que su resistividad es constante e igual a la que tiene cuando alcanza su temperatura máxima admisible.
- * Cálculos 2: Calcula la nueva distribución de corrientes cuando se tiene en cuenta la variación de la resistividad con la temperatura.
- * Cálculos 3: Realiza el cálculo final teniendo en cuenta la reactancia del cable y la variación de la resistividad con la temperatura.
- * Acerca de: Muestra una breve descripción del libro de cálculo y de la licencia de uso.

Normalmente, usted sólo necesitará acceder a las tres primeras hojas de CALIN.

2. ASPECTOS INFORMÁTICOS

CALIN ha sido realizado mediante el programa Microsoft® Excel 2000.

Cada hoja del libro ha sido protegida de forma que sólo se pueden modificar las celdas destinadas a los datos de la línea.

CALIN se presenta en forma de una plantilla Excel. De esta manera, cada vez que se utiliza se crea un nuevo documento y la plantilla no queda modificada.

Por defecto, CALIN viene ajustado de forma que en la pantalla se visualizan sus hojas de cálculo con un **zoom** del orden del 80%. De esta manera se consigue la mejor visualización en pantallas con una resolución de 800x600 pixels.

Con pantallas de resoluciones superiores a 800x600 pixels, cambie el zoom de las hojas al 100%. Para que este cambio quede guardado en su copia de CALIN; una vez modificado el zoom de todas las hojas, guarde su libro de cálculo como plantilla de documento (*.dot) y sobrescriba la versión original de CALIN.

Si desea **imprimir** una o varias de las hojas de CALIN en una hoja de papel tamaño A4, obtendrá mejores resultados eligiendo la orientación horizontal (apaisada) y una reducción de tamaño de forma que se impriman dos páginas por hoja.

Así pues, para imprimir este libro de cálculo proceda así:

- Desde una de las hojas del libro vaya al menú “Archivo” → “Imprimir...”.
- Haga click sobre el botón de “Propiedades” de la impresora para acceder al menú de la misma y seleccione las opciones de imprimir en posición horizontal y dos páginas en cada hoja de papel.
- Volver al menú de imprimir y marcar el circulito correspondiente a la opción “Imprimir todo el libro”.
- Indique el intervalo de páginas que desea imprimir. Para ello tenga presente que los números de página para las hojas del libro son:
 - * Hoja “Datos”: páginas 1 y 2.
 - * Hoja “Resultados”: páginas 3 y 4,
 - * Hojas “Resumen”: páginas 5 y 6.
 - * Hoja “Cálculos 1”: páginas 7 a 10.
 - * Hoja “Cálculos 2”: páginas 11 a 14.
 - * Hoja “Cálculos 3”: páginas 15 a 20.
 - * Hoja “Acerca de”: página 21.

Normalmente bastará con imprimir las hojas “Datos” y “Resultados”. Si desea más información imprima también la hoja “Resumen”. Las demás hojas sirven para realizar cálculos intermedios y usualmente no necesitará imprimirlas.

DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALIN

3. CONVENIOS RELATIVOS A LAS CELDAS DE DATOS

En las hojas de cálculo “Datos” y “Resultados” hay que introducir los datos necesarios para resolver la línea eléctrica.

Las celdas de datos de estas hojas se distinguen por tener un borde azul (al menos, en alguno de los lados del borde) y un fondo con uno de estos colores: amarillo, naranja o verde.

El color del fondo de las celdas de datos indica como los trata CALIN:

Fondo amarillo:

Son datos que hay que introducir necesariamente. En algunas de estas celdas usted debe teclear el valor adecuado y en otras debe seleccionarlo entre las opciones que aparecen en un menú desplegable.

Fondo naranja:

Son datos que CALIN necesita para sus cálculos. Se pueden introducir directamente (como en las celdas de fondo amarillo) o dejar que CALIN los calcule a partir de otros datos que se introducen en las celdas de fondo verde.

Fondo verde:

Son datos que CALIN no necesita directamente para sus cálculos, pero que permiten calcular los de fondo naranja cuando éstos no se introducen directamente.

Muchas de estas celdas tienen asignados por defecto los valores más habituales de los datos correspondientes. De esta manera se facilita la introducción de los datos. Usted puede optar por dejar el valor que viene por defecto o por introducir uno nuevo.

Un ejemplo permite comprender la diferencia entre los diferentes tipos de datos. CALIN necesita conocer la tensión nominal de la línea y usted deberá teclear su valor (o dejar el que viene por defecto (400 V)) en la celda amarilla con el rótulo “Tensión nominal (U)”. Por otra parte, CALIN también necesita conocer la máxima caída de tensión admisible (en voltios) de la línea. Usted puede teclear un valor porcentual de esta caída de tensión en la celda “Caída de tensión porcentual admisible” e inmediatamente aparecerá el valor en voltios (que es el que maneja CALIN) en la celda naranja “Caída de tensión máxima admisible e_{adm} ”. Así, para una tensión nominal de 400 V, si usted introduce un valor “3” en la celda “Caída de tensión porcentual admisible”, aparecerá el valor “12” en la celda “Caída de tensión máxima admisible e_{adm} ”. Alternativamente, usted podría haber tecleado directamente el valor 12 en la celda naranja “Caída de tensión máxima admisible e_{adm} ” y dejar en blanco la celda verde “Caída de tensión porcentual admisible”.

Tenga presente que si introduce un dato directamente en una celda de fondo naranja, se borra la fórmula que calculaba su valor en función de las celdas verdes. Por lo tanto, ya no podrá dar marcha atrás (salvo que empiece una nueva sesión con CALIN) para obtener este valor a partir de las celdas verdes.

DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALIN

Por otra parte, si introduce directamente un dato en una celda de fondo naranja, es conveniente que deje en blanco la/s celda/s verdes correspondientes para evitar confusiones. Así, si en el ejemplo anterior usted introdujo un valor “3” en la celda verde “Caída de tensión porcentual admisible” (con lo que apareció el valor “12” en “Caída de tensión máxima admisible e_{adm} ”), pero luego teclea el valor “8,5” en la celda naranja “Caída de tensión máxima admisible e_{adm} ”, CALIN trabajará con este último valor. Sin embargo, en la hoja “Datos” aparecerán dos datos contradictorios, uno que la caída de tensión admisible es el 3% de 400 V, y el otro que esta caída de tensión es 8,5 V. Por eso, después de introducir el valor “8,5” en la celda naranja “Caída de tensión máxima admisible e_{adm} ” conviene borrar el contenido de la celda verde “Caída de tensión porcentual admisible”.

4. DEFINICIONES, CONVENIOS Y NOMENCLATURA

Nudo de una línea es un punto de la misma donde se da, al menos, una de estas circunstancias:

- se alimenta a la línea.
- la línea se ramifica, es decir, se conecta una línea derivada.
- se conecta una carga concentrada.
- se inicia o termina una carga uniformemente distribuida.

El **origen** de la línea es el nudo por donde se la alimenta. En el caso de línea alimentada por ambos extremos es uno de los dos nudos por donde se la alimenta y respecto al cual se miden las distancias L_j a los demás nudos.

Los nudos se numeran de forma consecutiva a medida que aumenta su distancia con respecto al origen. El origen, por lo tanto, es siempre el nudo 1 y el otro nudo de alimentación, si existe, es el nudo final de la línea (nudo n en la Fig. 1).

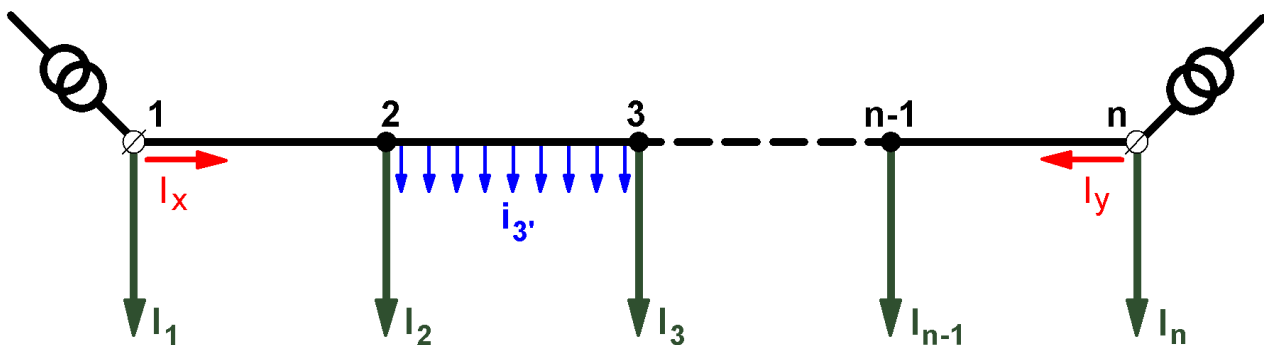


Fig. 1: Distribuidor alimentado por ambos extremos

Tramo de una línea es una zona de la misma situada entre dos nudos consecutivos. Por lo tanto, o bien por un tramo circula la misma corriente en toda su longitud, o bien existe una carga uniformemente distribuida.

DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALIN

En la Fig. 2 se representa el tramo de una línea comprendido entre los nudos $j-1$ y j , el cual incluye una carga uniformemente distribuida con una densidad lineal de corriente i_j . En esta figura se muestran la nomenclatura y los convenios de signos para las corrientes que se van a utilizar en CALIN.

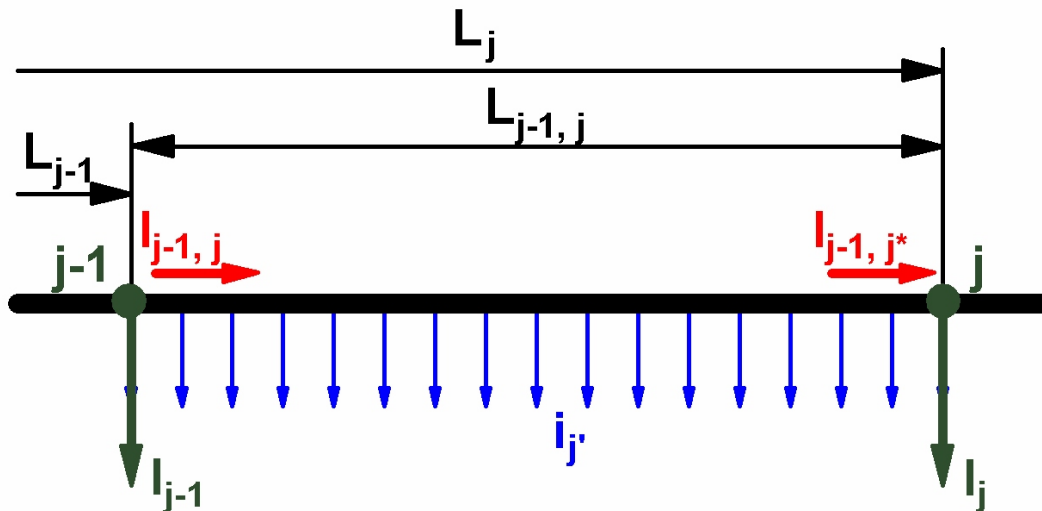


Fig. 2: Tramo de una línea con carga distribuida

Por lo tanto, de acuerdo con la Fig. 2:

- para las cargas concentradas en los nudos se usará el número de nudo como subíndice.
- para las cargas distribuidas en un tramo se usará el número del nudo del tramo más alejado del origen como subíndice y, además, se le añadirá un apóstrofe (').
- Las magnitudes de los tramos (excepto las cargas distribuidas, que ya se han mencionado) tienen dos subíndices separados por una coma. Estos subíndices son los números de los dos nudos extremos del tramo.

Por lo que respecta a las corrientes que circulan por el tramo $j-1,j$ de la línea, denominaremos $\bar{I}_{j-1,j}$ a la corriente que sale del nudo $j-1$ e $\bar{I}_{j-1,j*}$ (con asterisco) a la que llega al nudo j (Fig. 2). Evidentemente, estas dos corrientes sólo son diferentes cuando dicho tramo tiene una carga distribuida; en caso contrario se verifica que $\bar{I}_{j-1,j*} = \bar{I}_{j-1,j}$.

5. MANEJO DE CALIN

Para calcular mediante CALIN las secciones de las líneas de una red de distribución conviene empezar por dibujar un esquema unifilar de la misma. A continuación se identifican las diferentes líneas que componen esta red. Cada una de estas líneas, de sección uniforme, se calcula mediante una sesión de CALIN; empezando por las situadas aguas arriba para continuar con las que se van encontrado consecutivamente aguas abajo.

Para cada línea se determina cuál/es es/son el/los nudo/s por donde se la alimenta y se toma uno de ellos como origen. Los nudos de cada una de estas líneas se numerarán de forma consecutiva a

DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALIN

medida que aumenta su distancia con respecto al origen. El origen, por lo tanto, es siempre el nudo 1 y el otro nudo de alimentación, si existe, es el nudo final de la línea. La numeración de los nudos de una línea es independiente de la numeración de las demás. Por lo tanto, para evitar errores es conveniente usar una nomenclatura así: 1a, 2a, 3a, ... para los nudos de una línea (línea a), 1b, 2b, 3b, ... para los nudos de la línea b, etc.

En el caso de líneas en anillo, se rompen idealmente por el nudo de alimentación y se convierten, entonces, en líneas alimentadas por ambos extremos a igual tensión.

Lo siguiente es abrir una sesión de CALIN para la línea situada más aguas arriba en la red y dirigirse a la hoja “Datos”.

5.1. Hoja “Datos”

Se comienza por introducir un nombre descriptivo de la línea para que cuando se impriman las hojas de CALIN se identifique claramente la línea a que se refieren.

Seguidamente se van a introducir los demás datos de la línea. Muchas veces bastará con dejar los datos que por defecto vienen en la hoja. Otros datos hay que seleccionarlos entre los que aparecerán en un menú desplegable. Tenga cuidado con las unidades que debe utilizar para estos datos. Si introduce directamente el valor de un dato en una celda de fondo naranja, deje en blanco la celda de fondo verde correspondiente, como se indicó en el apartado 3.

Al principio de la hoja “Datos” deberá rellenar unas celdas con datos generales para toda la línea (Fig. 3). Rellene estas celdas consecutivamente, siguiendo el orden de arriba a abajo.

Descripción o referencia de la línea :	Linea a	
Tensión nominal (U) =	400	⚡ (Tensión fase-fase en trifásica)
Caída de tensión porcentual admisible =	3	%
Caída de tensión máxima admisible (e_{adm}) =	12	⚡ (Tensión fase-fase en trifásica)
Número de fases =	3	
¿Es alimentada por ambos extremos (a la misma tensión)? :	SI	
Material conductor =	Cobre	
Material aislante =	Polietileno reticulado (XLPE)	
Temperatura máxima admisible (θ_{cs}) =	90	°C
Resistividad máx del conductor (ρ_{cs}) =	0,024	Ωmm ² /m
Reactancia por km (x) =	0,086	Ω/km (Valor recomendado: x = 0,081)

Fig. 3

- * **Tensión nominal (U):** Es la tensión nominal de la línea en voltios. En el caso de líneas trifásicas se trata de la tensión entre fases o tensión compuesta. CALIN tiene por defecto un valor de esta magnitud igual a 400 V.
- * **Caída de tensión porcentual admisible:** Es el valor de la máxima tensión admisible para la línea expresada en tanto por ciento (%) de la tensión nominal U. Si rellena esta celda,

DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALIN

CALIN calculará automáticamente el valor de la siguiente (Caída de tensión máxima admisible (e_{adm})).

- * **Caída de tensión máxima admisible (e_{adm}):** Es la misma tensión que en la celda anterior, pero expresada en voltios. En el caso trifásico se trata de caída de tensión entre fases. Si va rellenar esta celda, conviene que deje en blanco la anterior (Caída de tensión porcentual admisible).
- * **Número de fases:** Elija el valor “1” para líneas monofásicas y “3” para líneas trifásicas equilibradas. Por defecto CALIN supone que la línea es trifásica (valor “3” en esta celda).
- * **¿Es alimentada por ambos extremos (a la misma tensión)?:** Elija “NO” para líneas alimentadas por un extremo y “SI” para líneas alimentadas por los dos extremos a igual tensión. Por defecto CALIN supone que la línea está alimentada por un solo extremo (valor “NO” en esta celda).
- * **Material conductor:** Elija el material conductor de la línea (cobre o aluminio). Este dato permite que CALIN determine la resistividad que va a utilizar. Deje esta celda en blanco si va a suministrar directamente el valor de la resistividad en la celda “Resistividad máx del conductor ($\rho_{máx}$)”
- * **Material aislante:** Elija el material aislante del cable entre los que aparecen en el menú desplegable. Este dato permite a CALIN el conocer la temperatura máxima a que puede funcionar el cable. Deje esta celda en blanco si va a rellenar directamente la celda “Temperatura máxima admisible ($\theta_{máx}$)”.
- * **Temperatura máxima admisible ($\theta_{máx}$):** Es la temperatura (en grados Celsius ($^{\circ}C$)) máxima a la que puede estar el cable. CALIN da el valor de esta temperatura cuando se rellena la celda “Material aislante”. Si va a rellenar esta celda directamente, conviene que deje en blanco la de “Material aislante”.
- * **Resistividad máxima del conductor ($\rho_{máx}$):** Esta es la resistividad del material conductor del cable cuando se encuentra a la temperatura máxima admisible. Esta resistividad se mide en Ohms mm^2/m . CALIN la determina automáticamente según el material que se haya indicado en la celda “Material conductor”. Si va a rellenar esta celda directamente, puede ser conveniente que deje en blanco la de “Material conductor”.
- * **Reactancia por kilómetro (x):** Es la reactancia por unidad de longitud de la línea. Esta magnitud se debe indicar en Ohmios por kilómetro (Ω/km). Por defecto se le da el valor recomendado de $0,086 \Omega/km$.

Seguidamente, en la hoja “Datos” se ingresan en una tabla los datos relativos a las cargas y a las longitudes de la línea. Para ello tenga en cuenta lo siguiente:

- Las cargas concentradas en los nudos por donde se alimenta a la línea no influyen en el cálculo. No introduzca, pues, datos de cargas en el origen (nudo 1). En líneas alimentadas por los dos extremos tampoco introduzca datos de cargas concentradas en el nudo final de la línea.
- Utilice las primeras filas de la tabla para introducir los datos de las cargas. Si sobran filas, deje estas últimas filas con los valores que tienen por defecto en CALIN.
- En el caso de líneas alimentadas por los dos extremos, no olvide incluir la fila con las distancias hasta el último nudo de la línea; aunque (como se ha indicado antes) no se deben indicar cargas concentradas en este nudo.

DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALIN

- Si en un nudo hay conectadas más de una carga, se puede trabajar de dos maneras. Bien se indica la carga total, suma de todas las cargas del nudo (vea el siguiente párrafo). O bien el nudo se descompone en varios, uno por cada carga, con una separación nula entre ellos (es decir, dando lugar a tramos de la línea de longitud nula).

LA SUMA DE TODAS LAS CARGAS DA LUGAR A ESTA CORRIENTE TOTAL:

Factor de potencia $\cos \phi_{Total}$	Carga inductiva o capacitiva	Corriente Total I_{Total} (A)
0,920	INDUCTIVA	40,0

Fig. 4

Si en un nudo de una línea se conecta una derivación en la cuál existen varias cargas, la carga total de esta derivación se puede obtener de la manera siguiente. Abra provisionalmente una nueva sesión de CALIN para esta línea de derivación (esta sesión se podrá aprovechar más tarde para obtener su sección). En esta nueva sesión de CALIN rellene la hoja “Datos”, salvo las celdas relativas a la caída de tensión máxima admisible. En la parte superior de la hoja “Datos”, dentro de un recuadro rojo (Fig. 4), se muestra la carga total, suma de todas las cargas de la derivación. Seleccione las tres celdas con este resultado, cópielas y péguelas ahora en la primera versión de CALIN como carga del nudo de donde nace la derivación.

CARGAS CONCENTRADAS EN LOS NUDOS						
Nudo i	Potencia útil P_i (kW)	Rendimiento η_i (%)	Factor de potencia $\cos \phi_i$	Carga inductiva o capacitiva	Corriente carga $I_{i...}$ (A)	Coefficiente de corrección de la carga (*)
1	0	100	1	INDUCTIVA	0	1
2	55	100	0,87	INDUCTIVA	91,24788	1
3		100	1	INDUCTIVA	0	1
4	50	100	0,87	INDUCTIVA	82,95262	1
5		100	0,92	INDUCTIVA	40	1
6		100	1	INDUCTIVA	0	1
7		100	1	INDUCTIVA	0	1
8		100	1	INDUCTIVA	0	1
9		100	1	INDUCTIVA	0	1
10		100	1	INDUCTIVA	0	1
11		100	1	INDUCTIVA	0	1
12		100	1	INDUCTIVA	0	1
13		100	1	INDUCTIVA	0	1
14		100	1	INDUCTIVA	0	1

Fig. 5

DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALIN

La primera parte de esta tabla (Fig. 5) sirve para introducir las cargas concentradas en los nudos. Cada fila de esta parte de la tabla corresponde a un nudo de la línea. En cada fila rellene estos datos consecutivamente, de izquierda a derecha:

- * **Potencia útil P_j (kW)**: Es la potencia útil de la carga concentrada en el nudo j . Esta potencia se debe indicar en kilovatios (kW). Este dato, junto con el rendimiento, sirve para calcular la corriente de carga ($I_{j\text{crg}}$). Por lo tanto, si va a rellenar directamente la celda “Corriente carga $I_{j\text{crg}}$ (A)” deje la celda de la potencia útil en blanco. Si la potencia de que se dispone es la potencia activa de la carga introduzca esta potencia como potencia útil y dé al rendimiento el valor predeterminado de 100%.
- * **Rendimiento η_j (%)**: Es el rendimiento de la carga, expresado en tanto por ciento (%). Si la potencia de que se dispone es la potencia activa de la carga introduzca esta potencia como potencia útil y dé al rendimiento el valor predeterminado de 100%.
- * **Factor de potencia $\cos \phi_j$** : Es el factor de potencia de la carga concentrada en el nudo j . Su valor por defecto es 1.
- * **Carga inductiva o capacitiva**: En la lista desplegable seleccione “INDUCTIVA” o “CAPACITIVA” según como sea el tipo de carga concentrada en el nudo considerado. El valor por defecto es “INDUCTIVA”.
- * **Corriente de carga $I_{j\text{crg}}$ (A)**: Es la corriente demandada por la carga del nudo j . Se mide en amperios (A). CALIN puede determinar este valor a partir de la potencia útil y del rendimiento. Si va a rellenar directamente esta celda, conviene dejar en blanco la celda “Potencia útil P_j (kW)”.
- * **Cofecie. de corrección de la carga**: Este coeficiente es el producto de todos los que sean de aplicación a la carga considerada: coeficientes de simultaneidad, de mayoración, etc. CALIN trabajará con una corriente de nudo I_j igual al producto de este coeficiente por la corriente de carga $I_{j\text{crg}}$.

CARGAS UNIFORMEMENTE REPARTIDAS EN LOS TRAMOS DE LA LÍNEA						
Tramo de la línea	Densidad de potencia P_T (kW/m)	Rendimiento η_T (%)	Factor de potencia $\cos \phi_T$	Carga inductiva o capacitiva	Densidad de corriente carga $I_{T\text{crg}}$ (A/m)	Coefecie. de corrección de la carga (*)
--	0	100	1	INDUCTIVA	0	1
1-2		100	1	INDUCTIVA	0	1
2-3		100	1	INDUCTIVA	0	1
3-4	0,4	100	0,8	INDUCTIVA	0,7216878	1
4-5		100	1	INDUCTIVA	0	1
5-6		100	1	INDUCTIVA	0	1
6-7		100	1	INDUCTIVA	0	1
7-8		100	1	INDUCTIVA	0	1
8-9		100	1	INDUCTIVA	0	1
9-10		100	1	INDUCTIVA	0	1
10-11		100	1	INDUCTIVA	0	1

Fig. 6

LA LÍNEA	
Longitud del tramo $L_{j-1,j}$ (m)	Distancia al origen L_j (m)
0	0
120	120
90	210
200	410
90	500
100	600
	600
	600
	600
	600
	600
	600

Fig. 7

DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALIN

- Las siguientes columnas de esta tabla se destinan a introducir los datos de las cargas uniformemente distribuidas (Fig. 6) que puedan haber en los tramos de la línea. Cada fila de esta parte de la tabla corresponde a un tramo de la línea. En cada fila rellene los datos consecutivamente, de izquierda a derecha. Los datos a introducir son similares a los explicados para las cargas concentradas por lo que no se vuelven a explicar ahora.
- Las dos últimas columnas de esta tabla (Fig. 7) sirven para indicar las distancias a la que se encuentran las cargas:
 - * **Longitud del tramo $L_{j-1,j}$ (m)**: Es la longitud, medida en metros (m), del tramo de la línea considerado. A medida que se van introduciendo estas longitudes CALIN va calculando las distancias de cada nudo con respecto al origen, las cuáles van apareciendo en la columna “Distancia al origen L_j (m)”.
 - * **Distancia al origen L_j (m)**: Es la distancia, medida en metros (m), de cada nudo con respecto al origen. Esta distancia la puede calcular CALIN a partir de las longitudes de los tramos de la línea. Si desea rellenar directamente estas celdas, conviene que deje en blanco las celdas de “Longitud del tramo $L_{j-1,j}$ (m)”.

Una vez rellena la hoja “Datos” diríjase a la hoja “Resultados” haciendo clic en la pestaña correspondiente de la parte inferior de la pantalla.

5.2. Hoja “Resultados”

5.2.1. Apartado: RESULTADOS PREVIOS

En la parte superior de esta hoja, dentro de un recuadro rojo (Fig. 8), se indican los resultados preliminares obtenidos por CALIN. En concreto, se señalan la sección S'' que, suponiendo que la resistividad es constante e igual a $\rho_{m\acute{a}x}$, produce la caída de tensión máxima admisible (e_{adm}) y la corriente I_{mayor} que debe ser capaz de aguantar.

RESULTADOS PREVIOS

Suponiendo la resistividad constante e igual a $\rho_{m\acute{a}x} = 0,024 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ se ha obtenido que la sección a utilizar debe ser superior a $S'' = 125,9 \text{ mm}^2$ y debe ser capaz de soportar, al menos, una corriente $I_{mayor} = 182,1 \text{ A}$

~~(Desplácese hacia la derecha para ver la explicación del procedimiento para calcular la sección definitiva que~~

Fig. 8

Ahora debe consultar las tablas del reglamento, de las normas o del fabricante para averiguar cual es la mínima sección normalizada S_{θ} que soporta la corriente I_{mayor} .

Si la sección S_{θ} es superior o igual a S'' , es más exigente el criterio térmico y se elegirá un cable de sección S_{θ} para la línea. Entonces, serán los datos de esta sección los que se introduzcan en las celdas del apartado “DATOS FINALES” de esta hoja.

DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALIN

Si S'' es superior a S_θ , en principio habría que usar la sección S_+ ; la normalizada inmediatamente superior a S'' . Sin embargo, puede resultar suficiente con utilizar la sección S_- , la normalizada inmediatamente inferior a S'' .

Para decidir entre S_- y S_+ , se introducen primero los datos del cable de sección S_- en el apartado “DATOS FINALES” de esta hoja. Si la caída de tensión que se obtiene es inferior a la admisible, se elegirá la sección S_- . En caso contrario, será la sección S_+ la que habrá que utilizar y se cambiarán los datos del apartado “DATOS FINALES” por los correspondientes a S_+ .

5.2.2. Apartado: DATOS FINALES

En este apartado se introducen los datos para que CALIN realice un cálculo preciso, teniendo en cuenta los efectos de la temperatura y de la reactancia, de las caídas de tensión en la línea para un cable de sección S conocida.

Empiece introduciendo el valor de la **Temperatura ambiente (θ_0)** en la celda correspondiente. Esta temperatura se indicará en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Los valores normalizados para esta temperatura son 25°C para cables enterrados y 40°C (valor por defecto en CALIN) para cables al aire. Si desea que CALIN no tenga en cuenta la variación de la resistividad con la temperatura, déle a este parámetro un valor ficticio igual a la temperatura máxima admisible que se introdujo en la hoja “Datos”.

Después, se introduce el valor del **Coefficiente de variación de resistividad con la temperatura (α)** del material conductor del cable. Este coeficiente se mide en $^{\circ}\text{C}^{-1}$ y por defecto CALIN le asigna un valor de $0,0039^{\circ}\text{C}^{-1}$.

DATOS FINALES

				Temperatura ambiente (θ_0) = <input type="text" value="40"/> $^{\circ}\text{C}$							
				Coeficiente variación de resistividad con la temperatura (α) = <input type="text" value="0,0039"/> $^{\circ}\text{C}^{-1}$		($\theta_0 = 40^{\circ}\text{C}$ en cables tendidos al aire y 25°C en cables enterrados) ($\alpha = 0,0039^{\circ}\text{C}^{-1}$ para el cobre y el aluminio)					
				$(K_{\theta_0} = 0,847)$							
				$(S/S'' = 0,953)$							
Sección (mm^2)	I_{max} (A)	ρ_{mat} ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	x (Ω/km)	Resistencia por kilómetro (r)		Caídas de tensión unitaria (e_U)					Nº de fases
				r (Ω/km)	θ ($^{\circ}\text{C}$)	e_{UA} (V/km y A)	$\cos\phi_A$	e_{UB} (V/km y A)	$\cos\phi_B$	θ ($^{\circ}\text{C}$)	
120	335	0,0236	0,0847	-	20	-	1	-	0,8	90	3

Fig. 9

Seguidamente viene una tabla (Fig. 9) donde se introducen los datos correspondientes al cable de sección S que se desea analizar.

Primero introduzca la sección S , medida en mm^2 , en la celda **Sección (mm^2)**. Fíjese en la parte superior del apartado “RESULTADOS FINALES” y dentro de un recuadro rojo con fondo azul verá el texto “ESTE CABLE ??? VALE PARA ESTA INSTALACIÓN” (Fig. 10). Si al introducir el valor de S , este texto cambia a “ESTE CABLE NO VALE PARA ESTA INSTALACIÓN”, no hace falta seguir. La sección que se estaba introduciendo no vale para esta línea y habrá que trabajar con una sección mayor.

DOCUMENTO DE AYUDA PARA CALIN

RESULTADOS FINALES



Fig. 10

Si CALIN no ha mostrado el mensaje anterior, se continua introduciendo el resto de los datos del cable de sección S.

$I_{m\acute{a}x}$ (A) es la corriente máxima que aguanta el cable y se obtiene de las tablas del fabricante, de los reglamentos o de las normas. Este dato se mide en amperios (A).

Se puede mejorar la precisión del cálculo si se utilizan los valores de resistividad $\rho_{m\acute{a}x}$ y de reactancia por kilómetro x que corresponden exactamente al cable de sección S. Por defecto, CALIN asigna a estos parámetros los mismos valores que se utilizaron en la hoja ‘‘Datos’’. Usted puede introducir directamente unos nuevos valores de estas magnitudes en las celdas de fondo naranja del apartado ‘‘DATOS FINALES’’ (Fig. 9). También puede dejar que CALIN calcule $\rho_{m\acute{a}x}$ a partir de la resistencia por kilómetro r del cable cuando se encuentra a la temperatura θ (20C por defecto); datos que usted introducira en las celdas de fondo verde correspondientes (Fig. 9). Finalmente, CALIN también puede obtener $\rho_{m\acute{a}x}$ y x partiendo de las caídas de tensión e_u por amperio y por kilómetro para dos factores de potencia diferentes y a la temperatura θ (igual a $\theta_{m\acute{a}x}$ por defecto), datos que se deben introducir en las celdas de fondo verde correspondientes (Fig. 9).

En la parte derecha de la hoja ‘‘Resultados’’ se explica más detalladamente la forma de obtener los parámetros $\rho_{m\acute{a}x}$ y x .

5.2.3. Apartado: RESULTADOS FINALES

En este apartado se indican los resultados más relevantes obtenidos para la línea de sección S. Se indica también si la sección adoptada sirve para esta línea.

En la hoja ‘‘Resumen’’ se muestran de manera más detallada los resultados de caída de tensión y de reparto de corrientes obtenidos por CALIN para una línea construida a base de cable aislado de sección S.

Conviene que compruebe que la sección elegida aguanta la corriente de cortocircuito durante el tiempo que tardan en actuar las protecciones (criterio de la corriente de cortocircuito).

Una vez obtenida la sección de la línea situada más aguas arriba de una instalación, así como las caídas de tensión en sus nudos; se procede a calcular la sección de las líneas que derivan de ella. Para ello se abre una nueva sesión de CALIN y en el dato de la caída de tensión máxima admisible habra que tener en cuenta la parte de caída de tensión que ya se produce en la línea aguas arriba. De esta manera, se van calculando todas las líneas hasta llegar a las situadas más aguas debajo de la instalación. En todas ellas se van teniendo en cuenta las caídas de tensión que se producen las líneas situadas aguas arriba.



6. LICENCIA

Esta pieza de software es gratuita (freeware). Usted puede utilizarla libremente sin costo alguno. Usted puede distribuir CALIN libremente siempre que lo haga sin introducir modificaciones y acompañado de toda su documentación original.

CALIN se suministra sin soporte técnico. Usted lo utiliza bajo su responsabilidad. El autor no se responsabiliza de los perjuicios originados por errores o fallos en CALIN.

A pesar de su carácter gratuito, el autor se reserva todos los derechos sobre la propiedad intelectual de este libro de cálculo.

CALIN ha sido desarrollado por el profesor Miguel Angel Rodríguez Pozueta, del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética de la Universidad de Cantabria (España).

El autor agradece cualquier sugerencia u opinión sobre CALIN, las cuáles pueden enviarse a su correo electrónico: rodrigmap@hotmail.com

Santander (España), 13 de mayo de 2005