



**ELECTRAMEX**  
ELECTRAMEX S.A. DE C.V.



**ESLABÓN FUSIBLE TIPO UNIVERSAL  
VELOCIDAD "K"**

**CERTIFICADOS OBTENIDOS:**

- **CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN DE  
PROTOTIPOS EMITIDA POR LAPEM (CFE)**
- **CONSTANCIA DE PROVEEDOR  
APROBADO EMITIDA POR LAPEM (CFE)**

# ÍNDICE

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>PRESENTACIÓN</b>                                   | <b>1</b>  |
| <b>2.</b>  | <b>INTRODUCCIÓN</b>                                   | <b>1</b>  |
| <b>3.</b>  | <b>OPERACIÓN DEL ESLABÓN FUSIBLE</b>                  | <b>2</b>  |
| 3.1        | Corriente nominal                                     | 2         |
| 3.2        | Sobrecarga  | 2         |
| 3.3        | Cortocircuito   | 2         |
| <b>4.</b>  | <b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL ESLABON FUSIBLE</b> | <b>3</b>  |
| <b>5.</b>  | <b>CURVAS CARACTERÍSTICAS DE CORRIENTE-TIEMPO</b>     | <b>3</b>  |
| 5.1        | Corriente - Tiempo Mínimo de fusión                   | 3         |
| 5.2        | Corriente - Tiempo Máximo de fusión                   | 3         |
| 5.3        | Interrupción Total                                    | 3         |
| <b>6.</b>  | <b>CORRIENTE - TIEMPO MÍNIMO DE FUSIÓN</b>            | <b>4</b>  |
|            | de los eslabones de velocidad "K" marca ELECTRAMEX    |           |
| <b>7.</b>  | <b>CORRIENTE - TIEMPO MÁXIMO DE FUSIÓN</b>            | <b>5</b>  |
|            | de los eslabones de velocidad "K" marca ELECTRAMEX    |           |
| <b>8.</b>  | <b>CORRIENTE - TIEMPO DE INTERRUPCIÓN TOTAL</b>       | <b>6</b>  |
|            | de los eslabones de velocidad "K" marca ELECTRAMEX    |           |
| <b>9.</b>  | <b>PARTES QUE CONFORMAN EL ESLABÓN FUSIBLE</b>        | <b>7</b>  |
| <b>10.</b> | <b>LISTA DE ESLABONES FUSIBLE NORMALIZADOS</b>        | <b>9</b>  |
|            | <b>VELOCIDAD "K"</b>                                  |           |
| <b>11.</b> | <b>APLICACIÓN DEL ESLABÓN FUSIBLE</b>                 | <b>10</b> |
| 11.1       | Protección a transformadores                          | 10        |
| <b>12.</b> | <b>PROTECCIÓN DE BANCOS DE CAPACITORES</b>            | <b>14</b> |
| 12.1       | Coordinación fusible-fusible                          | 15        |
| 12.2       | Coordinación entre restaurador - fusible              | 15        |

# 1. PRESENTACIÓN

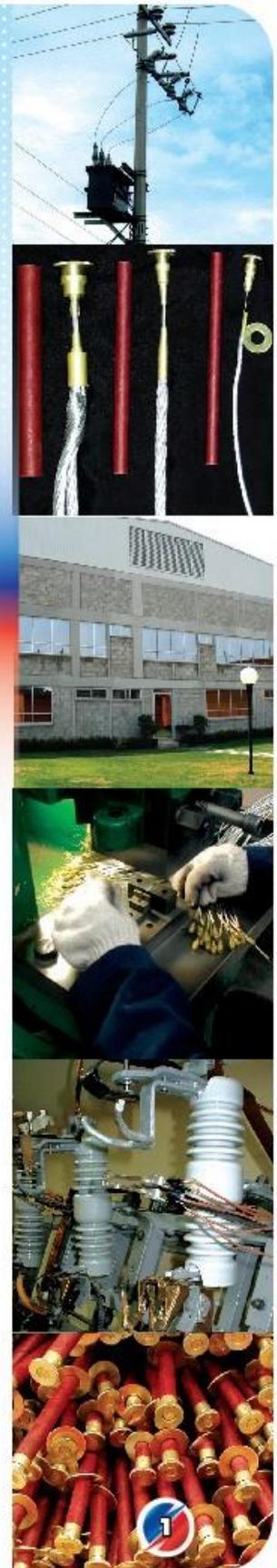
ELECTRAMEX S. A. de C. V., es una empresa mexicana fundada el 14 de julio de 1978, desde entonces se ha dedicado a la Fabricación de Eslabón Fusible Tipo Universal Velocidad "K" (Rápido), en tensiones eléctricas que van desde 15 kV hasta 38 kV, utilizados principalmente para proteger transformadores y banco de capacitores. Uno de nuestros principales clientes es la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

# 2. INTRODUCCIÓN

Eléctrica y electrónicamente se denomina "elemento fusible" a todo aquel dispositivo que contiene un filamento ó lámina hecho a base de un metal o aleación de bajo punto de fusión, el cual se instala como protección en un punto determinado de un circuito eléctrico para que se funda por "efecto Joule" cuando la intensidad de corriente supere, por un corto-circuito o un exceso de carga, un determinado valor que ponga en peligro la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de los elementos.

En el diseño del Eslabón Fusible Tipo Universal Velocidad "K" (Rápido) fabricado por ELECTRAMEX, se revisaron cuidadosamente los requisitos legales y reglamentarios establecidos por CFE, a través de sus especificaciones; así como los requisitos internos generados, con la finalidad de obtener un producto que se comporte de manera confiable durante su operación en campo.

En su manufactura se utilizan los mejores materiales y equipos de medición para asegurar la uniformidad de sus características mecánicas y eléctricas, las cuales se encuentran establecidas en las especificaciones vigentes de La Comisión Federal de Electricidad, CFE 5GE00-01; Normas Nacionales NMX-J-149-1-ANCE y NMX-J-149-2-ANCE; y Normas Americanas IEEE/ANSI C37. 41 y IEEE/ANSI C37.42.



## 3. OPERACIÓN DEL ESLABÓN FUSIBLE

Para comprender la operación del eslabón fusible, es necesario conocer las diferentes condiciones bajo las cuales puede trabajar en campo, para ello es conveniente definir el significado de los siguientes terminos: corriente nominal, sobrecarga y corto-circuito.

### 3.1 Corriente nominal

El Eslabón Fusible Tipo Universal Velocidad "K" (rápido), marca ELECTRAMEX, está diseñado para conducir 1.5 veces la corriente nominal por tiempo indefinido sin que sus elementos fusible sufran ningún deterioro (envejecimiento) y las pérdidas en Watts (calentamiento) se mantengan constante por debajo de lo establecido. Es decir, su curva característica de Corriente-Tiempo debe quedar a la derecha de la recta vertical que tiene como abscisa 1.5 veces la corriente nominal.

### 3.2 Sobrecarga

De acuerdo al tiempo que dure la sobrecarga, ésta se puede clasificar en dos tipos:

La primera, se presenta cuando la corriente fluctúa en un rango de 2 a 3 veces la corriente nominal, y es causada por incrementos de corriente de corta duración cuando se conectan transformadores. Estas sobrecargas son de ocurrencia normal y no tienen efectos que dañen los componentes del circuito cuando son por tiempos inferiores a los 10 segundos. Por lo tanto, estas corrientes no son interrumpidas por el fusible.

La segunda, es generada por algún defecto de equipos o cuando se presentan demasiadas

cargas conectadas a un circuito, estas corrientes son de mayor duración y causan mayor daño que las anteriores, al generar peligrosos aumentos de temperatura en los componentes del circuito. Por lo tanto deben ser interrumpidas por un fusible seleccionado de forma adecuada para esta finalidad. La cantidad de energía que se desarrolla es pequeña y el trabajo básico de interrupción lo realiza el tubo fenólico que protege los elementos fusible del eslabón.

### 3.3 Cortocircuito

Es la desaparición repentina del aislante que existe entre conductores de tensión eléctrica diferente. La magnitud de esta corriente supera 6 veces la corriente nominal del fusible, llegando al orden de miles de amperes (KA). Es de vital importancia que los fusibles diseñados para este fin, interrumpan esta corriente debido a los efectos perjudiciales tanto térmicos como dinámicos, ya que la energía que se genera es muy alta. El trabajo de interrupción lo realiza el tubo portafusible, lo que provoca la destrucción total o parcial del tubo protector del eslabón fusible.



## 4. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL ESLABÓN FUSIBLE

- Los Eslabones Fusible Tipo Universal Velocidad “K” (Rápido), marca Electramex, que se fabrican de línea de acuerdo a su valor de corriente nominal son: 1 A, 2 A, 3 A, 5 A, 6 A, 8 A, 10 A, 12 A, 15 A, 20 A, 25 A, 30 A, 40 A, 50 A, 65 A, 80 A y 100 A, en tensiones nominales de 15 kV, 27 kV y 38 kV, cuentan con curvas de comportamiento Corriente-Tiempo Mínimo y Máximo de Fusión, y de Interrupción Total para las capacidades antes mencionadas, así como su constancia de aceptación de prototipos aprobados por CFE, ver tabla 2.

- También se manufacturan Eslabones Fusible Tipo Universal Velocidad “K” (Rápido) de fabricación especial, las corrientes nominales son: 4 A, 7 A, 9 A, 60 A, 70 A, 75 A, 125 A, 140 A Y 200 A en tensiones nominales de 15 kV, 27 kV y 38 kV.

- Frecuencia: 60 Hertz

- Las relaciones de rapidez de fusión del fusible varían desde 5,5s para la capacidad nominal de 1 A, hasta 8,1s, para la capacidad nominal de 200 A.

## 5. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE CORRIENTE - TIEMPO

Las curvas características de Corriente-Tiempo de un Eslabón Fusible Tipo Universal Velocidad “K” (Rápido) son:

### 5.1 Curvas de Corriente - Tiempo Mínimo de Fusión

Estas curvas muestran el tiempo mínimo que tarda el eslabón fusible en fundirse al aplicarle una corriente preestablecida de acuerdo a su capacidad de corriente. Ver figura 2.

### 5.2 Curvas de Corriente - Tiempo Máximo de Fusión

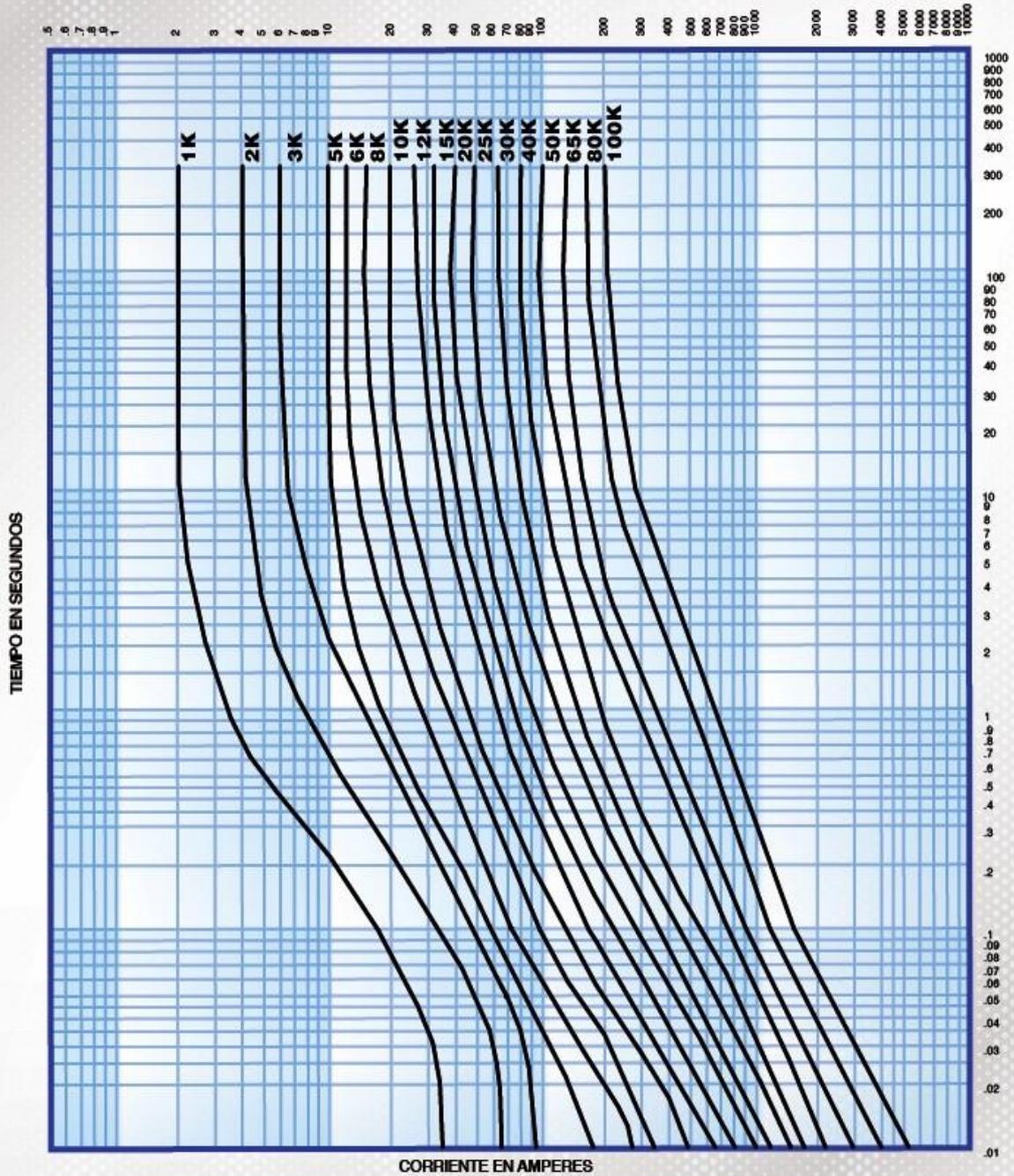
Estas curvas muestran el tiempo mínimo más un margen de tolerancia (en corriente) hacia la derecha del tiempo mínimo de fusión. Ver figura 3.

### 5.3 Curvas de Interrupción Total

Estas curvas muestran el tiempo mínimo y máximo de fusión, más las tolerancias de manufactura, más los tiempos de arqueo de cada uno de las diferentes capacidades de los eslabones fusibles. Ver figura 4.

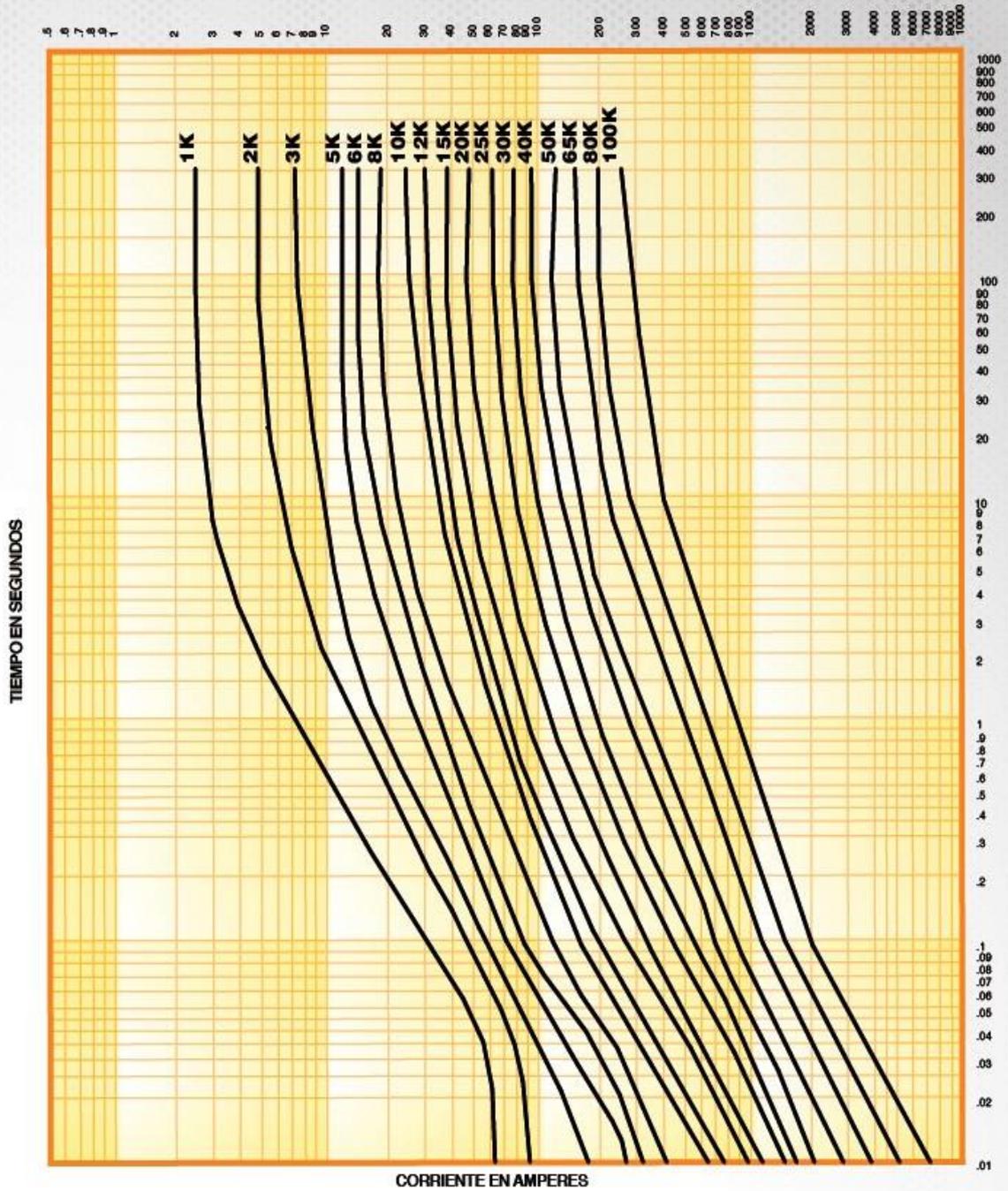
6. CORRIENTE – TIEMPO MÍNIMO DE FUSIÓN DE LOS ESLABONES FUSIBLE DE VELOCIDAD “K” MARCA ELECTRAMEX

Figura 2



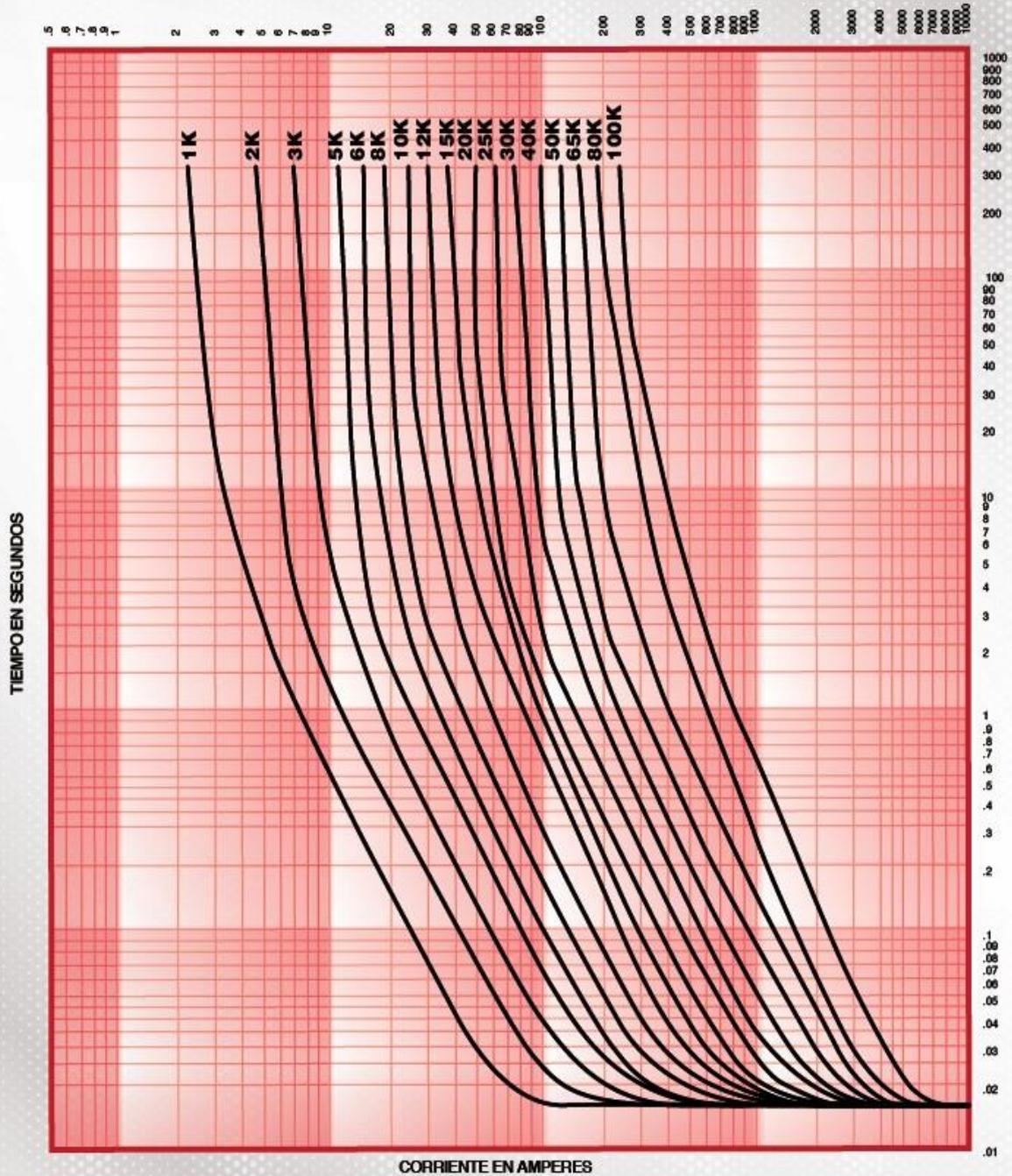
7. CORRIENTE – TIEMPO MÁXIMO DE FUSIÓN DE LOS  
ESLABONES FUSIBLE DE VELOCIDAD “K” MARCA ELECTRAMEX

Figura 3



8. CORRIENTE – TIEMPO DE INTERRUPCIÓN TOTAL DE FUSIÓN DE LOS ESLABONES FUSIBLE DE VELOCIDAD “K” MARCA ELECTRAMEX

Figura 4



## 9. PARTES QUE CONFORMAN EL ESLABÓN FUSIBLE

A continuación se describen los componentes del eslabón Fusible marca Electramex, de acuerdo a la figura 1:

**Figura 1: Partes componentes del eslabón fusible.**



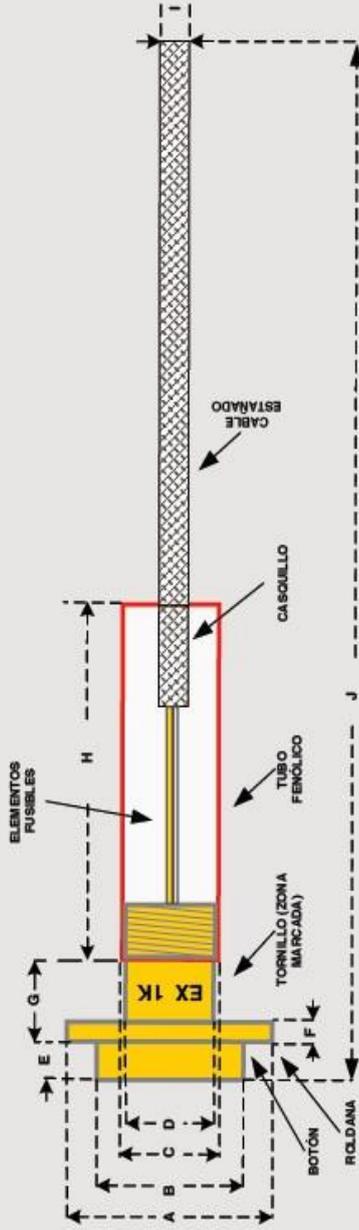
Las partes mecánicas son fabricadas de latón y cable de cobre estañado, troquelados a alta presión para evitar fallas mecánicas y falso contacto eléctrico en los elementos de unión, con la finalidad de asegurar la intercambiabilidad mecánica y eléctrica.

Las características dimensionales de las partes del eslabón fusible en 15 kV, 27 kV y 38 kV de 1 A hasta 200 A, se muestran en la Tabla 1.

Se empacan en bolsa de polietileno biodegradable conteniendo tres piezas de 1 A hasta 50 A nominal y una pieza de 65 A hasta 200 A nominal.



**Tabla 1**  
**Características Dimensionales de los Eslabones Fusible Velocidad "K"**  
**(rápido) marca ELECTRAMEX**



**Figura 2: Partes que conforman al eslabón fusible.**

| Descripción Corta | Corriente Nominal (A) | Tensión Máxima de Diseño (kV) | Roldana de Ajuste |               | Botón           |               | Tubo Fenólico   |                   | Zona Marcada del Tornillo |                 | Cable Trenzado de Cobre Estafado |   | Tensión Mecánica Aplicada Mínima (kg) |          |    |   |     |                   |     |   |   |            |
|-------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|---------------------------|-----------------|----------------------------------|---|---------------------------------------|----------|----|---|-----|-------------------|-----|---|---|------------|
|                   |                       |                               | A Diámetro (mm)   | F Grosor (mm) | B Diámetro (mm) | E Grosor (mm) | C Diámetro (mm) | H Longitud (mm)   | D Diámetro (mm)           | G Longitud (mm) | I Calibre Total (AWG)            | J Longitud Total del Eslabón Fusible (mm) |                                       |          |    |   |     |                   |     |   |   |            |
| EF *PK *Q         | 1 a 50                | 15<br>27<br>38                | 19                | 0.711         | 12.9            | 2             | 8               | 130<br>160<br>160 | 7.9                       | 3               | 13                               | 600<br>600<br>750                         | 6                                     |          |    |   |     |                   |     |   |   |            |
|                   |                       |                               |                   |               |                 |               |                 |                   |                           |                 |                                  |   |                                       | No tiene | 19 | 2 | 9.5 | 130<br>160<br>160 | 9.5 | 6 | 5 | 600<br>750 |
|                   |                       |                               |                   |               |                 |               |                 |                   |                           |                 |                                  |   |                                       |          |    |   |     |                   |     |   |   |            |

Abreviaturas en la descripción corta.

EF = Eslabón Fusible

K = Rápido

\*P = 15 kV, 27 kV y 38 kV = Tensión máxima de diseño, en kV

\*Q = 1 a 50 (A) = Corriente nominal, en A.

\*R = 65 a 100 (A) = Corriente nominal, en A.

\*S = 140 a 200 (A) = Corriente nominal, en A.

## 10. LISTA DE FUSIBLES NORMALIZADOS DE VELOCIDAD "K"

Lista de fusibles de velocidad "K" de acuerdo a las especificaciones vigentes  
CFE 5GE00-01 y NMXJ-149/2 ANCE  
Tabla 2

| No. | Descripción Corta<br>(Especificación<br>CFE- 5GE00-01) | Código Electramex |
|-----|--|-------------------|
| 1   | EF 15K - 1   | 15 K001           |
| 2   | EF 15K - 2   | 15 K002           |
| 3   | EF 15K - 3   | 15 K003           |
| 4   | EF 15K - 5   | 15 K005           |
| 5   | EF 15K - 6   | 15 K006           |
| 6   | EF 15K - 8   | 15 K008           |
| 7   | EF 15K - 10  | 15 K010           |
| 8   | EF 15K - 12  | 15 K012           |
| 9   | EF 15K - 15  | 15 K015           |
| 10  | EF 15K - 20  | 15 K020           |
| 12  | EF 15K - 25  | 15 K025           |
| 13  | EF 15K - 30  | 15 K030           |
| 14  | EF 15K - 40  | 15 K040           |
| 15  | EF 15K - 50  | 15 K050           |
| 16  | EF 15K - 65  | 15 K065           |
| 17  | EF 15K - 80  | 15 K080           |
| 18  | EF 15K - 100   | 15 K100           |
| 19  | EF 27K - 1   | 27 K001           |
| 20  | EF 27K - 2   | 27 K002           |
| 21  | EF 27K - 3   | 27 K003           |
| 22  | EF 27K - 5   | 27 K005           |
| 23  | EF 27K - 6   | 27 K006           |
| 24  | EF 27K - 8   | 27 K008           |
| 25  | EF 27K - 10  | 27 K010           |
| 26  | EF 27K - 12  | 27 K012           |
| 27  | EF 27K - 15  | 27 K015           |
| 28  | EF 27K - 20  | 27 K020           |
| 29  | EF 27K - 25  | 27 K025           |
| 30  | EF 27K - 30  | 27 K030           |
| 31  | EF 27K - 40  | 27 K040           |
| 32  | EF 27K - 50  | 27 K050           |
| 33  | EF 27K - 65  | 27 K065           |
| 34  | EF 27K - 80  | 27 K080           |
| 35  | EF 27K - 100   | 27 K100           |

| No. | (Especificación<br>CFE- 5GE00-01) | Código Electramex |
|-----|-----------------------------------|-------------------|
| 36  | EF 38K - 1                        | 38 K001           |
| 37  | EF 38K - 2                        | 38 K002           |
| 38  | EF 38K - 3                        | 38 K003           |
| 39  | EF 38K - 5                        | 38 K005           |
| 40  | EF 38K - 6                        | 38 K006           |
| 41  | EF 38K - 8                        | 38 K008           |
| 42  | EF 38K - 10                       | 38 K010           |
| 43  | EF 38K - 12                       | 38 K012           |
| 44  | EF 38K - 15                       | 38 K015           |
| 45  | EF 38K - 20                       | 38 K020           |
| 46  | EF 38K - 25                       | 38 K025           |
| 47  | EF 38K - 30                       | 38 K030           |
| 48  | EF 38K - 40                       | 38 K040           |
| 49  | EF 38K - 50                       | 38 K050           |
| 51  | EF 38K - 65                       | 38 K065           |
| 52  | EF 38K - 80                       | 38 K080           |
| 53  | EF 38K - 100                      | 38 K100           |

Tensión nominal de diseño del Eslabón Fusible Tipo Universal  
Velocidad "K": 15 kV, 27 kV y 38 kV.

Valor de Corriente nominal en Amperes:

- 1A, 2A, 3A, 5A, 6A, 8A, 10A, 12A, 15A, 20A, 25A, 40A, 65A en  
tensiones nominales de 15kV y 27 kV.

- 1A, 2A, 3A, 5A, 6A, 8A, 10A, 12A, 15A, y 20A en tensión nominal  
de 38 kV, de acuerdo a la especificación vigente CFE 5GE00-01, y

- 6A, 20A, 25A, 30A, 50A, 65A, 80A y 100A, en tensiones nominales  
de 15kV, 27 kV y 38 kV, de acuerdo a la especificación vigente  
NMXJ-149/2 ANCE.

Nota: Los fusibles arriba mencionados fueron aprobados satisfactoriamente por el laboratorio de Pruebas Equipos y Materiales (LAPEM) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), contando para ello con la constancia de aceptación de prototipos emitida por estos organismos.



## 11. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA APLICACIÓN DEL ESLABÓN FUSIBLE

El eslabón fusible es comúnmente utilizado en las líneas de distribución como protección contra corrientes de corto-circuito en transformadores y bancos de capacitores.

A continuación se enuncia a manera de ejemplo, información general sobre la forma en la cual se puede determinar o seleccionar el eslabón fusible más adecuado, de acuerdo al uso, equipo, parámetros eléctricos y otras variables que deben ser tomadas en cuenta.

Es importante mencionar que esta información es una guía de referencia, por lo que la determinación de todas las variables involucradas y por tanto la selección del eslabón fusible, dependen exclusivamente del diseñador del circuito eléctrico en donde será aplicado.

### 11.1 Protección a transformadores

Para obtener una adecuada selección del eslabón fusible es necesario conocer las características del transformador a proteger como son: potencia, tensión e intensidad de corriente en el primario y secundario, % de impedancia, tipo de conexión, número de fases, así como otras consideraciones importantes como son: las curvas de daño de conductores y transformadores, curva de corriente transitoria de energización (inrush y carga fría). Ver figura 5.

Las curvas de daño de los equipos y materiales son proporcionados generalmente por los fabricantes; sin embargo, para el caso del transformador se puede aplicar el siguiente criterio:

Como ejemplo, se observa (fig. 6) que para un transformador trifásico de 300kVA, 23kV-220V/127V,  $Z=4.5\%$ , conexión delta estrella aterrizada, la corriente nominal en el primario ( $I_p$ ) es de 7.54.

El ajuste máximo de la protección permitido de acuerdo a las tablas 450-3.a.1 y 450-3.a.2 de la norma NOM-001- SEDE- 2005 es de 22.59 A (300%  $I_n$  del primario), de tal forma que exista la posibilidad de proteger al transformador, utilizando diferentes capacidades

de eslabones fusibles de expulsión: 12 A, 15 A ó 20 A. Se recomienda el eslabón fusible de 12 A, el cual cumple con el valor de la norma mencionada; sin embargo, el hecho de cumplir con este punto, no quiere decir que sea lo mas adecuado, ya que la norma establece los límites de valores máximos ó mínimos a cumplir como objetivo de seguridad y será responsabilidad del diseñador o proyectista de la instalación eléctrica el definir la capacidad adecuada, en función de otros parámetros como son el tipo de carga por alimentar, las corrientes de energización del transformador y corriente de arranque de motores. Ver figura 6.

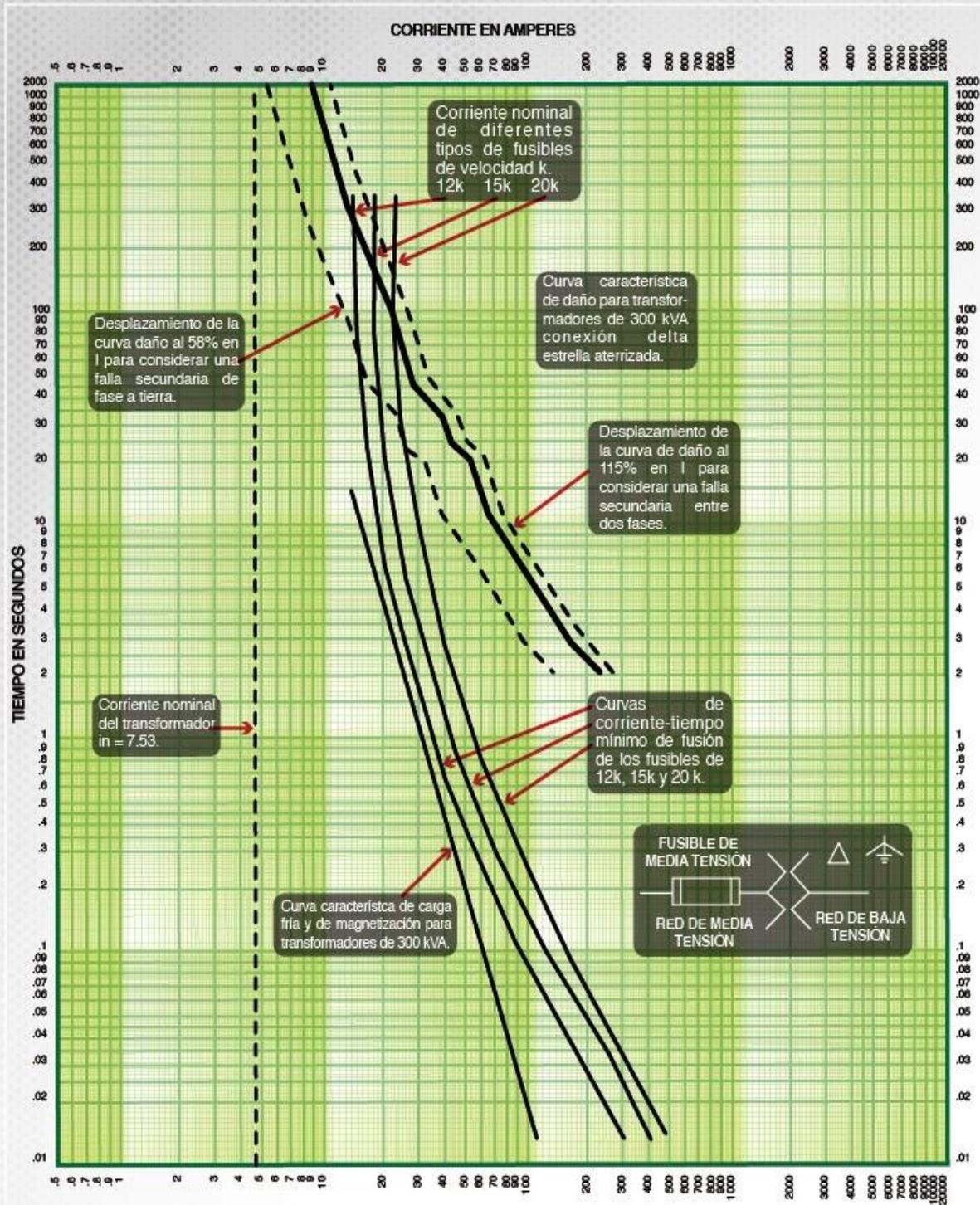
Las capacidades en amperes de los fusibles comúnmente usados para protección de transformadores monofásicos y trifásicos se muestran en las tablas 3 y 4.



Figura 5: Eslabón fusible protegiendo a Transformador

**Figura 6**

Protección de un transformador trifásico de 300KVA, 23KV-220V/127V, Z=4.5%, conexión DELTA ESTRELLA aterrizada.



**Tabla 3**  
**Eslabones fusible comunmente usados para protección de**  
**transformadores monofasicos**

| KVA DEL TRANSFORMADOR | VOLTAJE DEL SISTEMA |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |
|-----------------------|---------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|
|                       | 2300 VOLTS          |         | 4000 VOLTS       |         | 6900 VOLTS       |         | 11500 VOLTS      |         | 13200 VOLTS      |         | 22200 VOLTS      |         | 38000 VOLTS      |         |
|                       | Amps Plena Carga    | Fusible | Amps Plena Carga | Fusible | Amps Plena Carga | Fusible | Amps Plena Carga | Fusible | AMPS Plena Carga | Fusible | Amps Plena Carga | Fusible | Amps Plena Carga | Fusible |
| 1.5                   | 0.6522              | 1       | 0.375            | 1       | 0.217            | 0.130   | 0.068            | 0.039   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 2.5                   | 1.0870              | 2       | 0.625            | 1       | 0.362            | 0.217   | 0.114            | 0.066   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 3                     | 1.3043              | 2       | 0.750            | 2       | 0.435            | 0.261   | 0.136            | 0.079   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 5                     | 2.1739              | 3       | 1.250            | 2       | 0.725            | 0.435   | 0.227            | 0.132   |                  |         |                  |         |                  |         |
|                       |                     |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |
| 7.5                   | 3.2609              | 5       | 1.875            | 3       | 1.087            | 0.652   | 0.341            | 0.197   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 10                    | 4.3478              | 6       | 2.500            | 5       | 1.449            | 0.870   | 0.455            | 0.263   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 15                    | 6.5217              | 8       | 3.750            | 6       | 2.174            | 1.304   | 0.682            | 0.395   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 25                    | 10.870              | 15      | 6.250            | 8       | 3.623            | 2.174   | 1.136            | 0.658   |                  |         |                  |         |                  |         |
|                       |                     |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |
| 37.5                  | 16.304              | 20      | 9.38             | 12      | 5.435            | 3.261   | 1.705            | 0.987   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 50                    | 21.739              | 30      | 12.50            | 15      | 7.246            | 4.348   | 2.273            | 1.316   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 75                    | 32.609              | 40      | 18.75            | 25      | 10.870           | 6.522   | 3.409            | 1.974   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 100                   | 43.478              | 50      | 25.00            | 30      | 14.493           | 8.696   | 4.545            | 2.632   |                  |         |                  |         |                  |         |
|                       |                     |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |
| 150                   |                     |         | 37.50            | 50      | 21.739           | 13.043  | 6.818            | 3.947   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 200                   |                     |         | 50.00            | 65      | 28.966           | 17.391  | 9.091            | 5.263   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 250                   |                     |         | 62.50            | 80      | 36.232           | 21.739  | 11.364           | 6.579   |                  |         |                  |         |                  |         |
| 333                   |                     |         |                  |         | 48.261           | 28.957  | 15.136           | 8.763   |                  |         |                  |         |                  |         |
|                       |                     |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |
| 500                   |                     |         |                  |         | 72.464           | 43.478  | 22.727           | 13.158  |                  |         |                  |         |                  |         |

**Tabla 4**  
**Eslabones fusible comunmente usados para protección de transformadores trifásicos**

| KVA DEL TRANSFORMADOR | VOLTAJE DEL SISTEMA    |                           |                        |                           |                        |                           |                        |                           |                        |                           |                        |                           |                        |                           |                        |                           |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
|                       | 2300 VOLTS             |                           | 4000 VOLTS             |                           | 6900 VOLTS             |                           | 11500 VOLTS            |                           | 13200 VOLTS            |                           | 22000 VOLTS            |                           | 38000 VOLTS            |                           | 44000 VOLTS            |                           |
|                       | AMPS<br>PLENA<br>CARGA | FUSIBLE<br>PLENA<br>CARGA |
| 4.5                   | 1.1296                 | 2                         | 0.6495                 | 1                         | 0.3765                 |                           | 0.2259                 |                           | 0.1968                 |                           | 0.1181                 |                           | 0.0684                 |                           | 0.0590                 |                           |
| 7.5                   | 1.8827                 | 3                         | 1.0826                 | 2                         | 0.6276                 | 1                         | 0.3765                 |                           | 0.3280                 |                           | 0.1968                 |                           | 0.1140                 |                           | 0.0984                 |                           |
| 9                     | 2.2593                 | 3                         | 1.2991                 | 2                         | 0.7531                 | 1                         | 0.4519                 |                           | 0.3937                 |                           | 0.2362                 |                           | 0.1367                 |                           | 0.1181                 |                           |
| 10                    | 2.5103                 | 3                         | 1.4434                 | 2                         | 0.8968                 | 1                         | 0.5021                 | 1                         | 0.4374                 |                           | 0.2624                 |                           | 0.1519                 |                           | 0.1312                 |                           |
| 15                    | 3.7654                 | 5                         | 2.1651                 | 3                         | 1.2551                 | 2                         | 0.7531                 | 1                         | 0.6561                 | 1                         | 0.3937                 |                           | 0.2279                 |                           | 0.1968                 |                           |
| 22.5                  | 5.6482                 | 8                         | 3.2477                 | 5                         | 1.8827                 | 3                         | 1.1296                 | 2                         | 0.9841                 | 2                         | 0.5905                 | 1                         | 0.3419                 |                           | 2952                   |                           |
| 25                    | 6.2757                 | 8                         | 3.6085                 | 5                         | 2.0919                 | 3                         | 1.2551                 | 2                         | 1.0935                 | 2                         | 0.6561                 | 1                         | 0.3798                 |                           | 0.3280                 |                           |
| 30                    | 7.5309                 | 10                        | 4.3303                 | 6                         | 2.5103                 | 3                         | 1.5082                 | 2                         | 1.3122                 | 2                         | 0.7873                 | 1                         | 0.4558                 |                           | 0.3937                 |                           |
| 37.5                  | 9.4136                 | 12                        | 5.4128                 | 8                         | 3.1379                 | 5                         | 1.8827                 | 3                         | 1.6402                 | 2                         | 0.9841                 | 2                         | 0.5698                 | 1                         | 0.4921                 |                           |
| 45                    | 11.2983                | 15                        | 6.4954                 | 8                         | 3.7654                 | 5                         | 2.2593                 | 3                         | 1.9683                 | 3                         | 1.1810                 | 2                         | 0.6837                 | 1                         | 0.5905                 |                           |
| 50                    | 12.5515                | 15                        | 7.2171                 | 10                        | 4.1838                 | 6                         | 2.5103                 | 3                         | 2.1670                 | 3                         | 1.3122                 | 2                         | 0.7597                 | 1                         | 0.6561                 | 1                         |
| 75                    | 18.8272                | 25                        | 10.8256                | 15                        | 6.2757                 | 8                         | 3.7654                 | 5                         | 3.2805                 | 5                         | 1.9683                 | 3                         | 1.1395                 | 2                         | 0.9841                 | 2                         |
| 100                   | 25.1029                | 30                        | 14.4342                | 20                        | 8.3676                 | 10                        | 5.0206                 | 6                         | 4.3740                 | 6                         | 2.6244                 | 3                         | 1.5194                 | 2                         | 1.3122                 | 2                         |
| 112.5                 | 28.2408                | 40                        | 16.2385                | 20                        | 9.4136                 | 12                        | 5.6482                 | 8                         | 4.9207                 | 6                         | 2.9524                 | 5                         | 1.7093                 | 2                         | 1.4762                 | 2                         |
| 150                   | 37.6544                | 50                        | 21.6513                | 30                        | 12.5515                | 15                        | 7.5309                 | 10                        | 6.5610                 | 8                         | 3.9366                 | 5                         | 2.2791                 | 3                         | 1.9683                 | 3                         |
| 200                   | 50.2058                | 65                        | 28.8684                | 40                        | 16.7353                | 20                        | 10.0412                | 12                        | 8.7480                 | 10                        | 5.2488                 | 8                         | 3.0388                 | 5                         | 2.6244                 | 3                         |
| 225                   | 56.4816                | 80                        | 32.4769                | 40                        | 18.8272                | 25                        | 11.2963                | 15                        | 9.8415                 | 12                        | 5.9049                 | 8                         | 3.4186                 | 5                         | 2.9524                 | 5                         |
| 300                   | 75.3088                | 100                       | 43.3025                | 65                        | 25.1029                | 30                        | 15.0618                | 20                        | 13.1220                | 15                        | 7.8732                 | 10                        | 4.5582                 | 6                         | 3.9366                 | 5                         |
| 450                   |                        |                           | 64.9538                | 80                        | 37.6544                | 50                        | 22.5926                | 30                        | 19.6930                | 25                        | 11.8098                | 15                        | 6.8372                 | 10                        | 5.9049                 | 8                         |
| 500                   |                        |                           |                        |                           | 41.8382                | 50                        | 25.1029                | 30                        | 21.8700                | 30                        | 13.1220                | 20                        | 7.5969                 | 10                        | 6.5610                 | 10                        |
| 690                   |                        |                           |                        |                           | 57.7367                | 80                        | 34.6420                | 40                        | 30.1806                | 40                        | 18.1083                | 25                        | 10.4838                | 15                        | 9.0542                 | 12                        |
| 750                   |                        |                           |                        |                           | 62.7573                | 80                        | 37.6544                | 50                        | 32.8050                | 40                        | 19.6830                | 25                        | 11.3954                | 15                        | 9.8415                 | 12                        |
| 1000                  |                        |                           |                        |                           |                        |                           | 50.2058                | 65                        | 43.7399                | 50                        | 26.2440                | 40                        | 15.1939                | 20                        | 13.1220                | 20                        |
| 1500                  |                        |                           |                        |                           |                        |                           | 75.3088                | 100                       | 65.6099                | 80                        | 39.3659                | 50                        | 22.7908                | 30                        | 19.6830                | 25                        |
| 2000                  |                        |                           |                        |                           |                        |                           |                        |                           |                        |                           | 52.4879                | 65                        | 30.3877                | 40                        | 26.2440                | 30                        |

## 12. PROTECCIÓN DE BANCOS DE CAPACITORES

El eslabón fusible que se usará para proteger un capacitor se escoge de tal forma que la capacidad de corriente sea igual o más grande que el 135 % de la corriente nominal del capacitor. Este sobredimensionamiento se debe al 10% de condiciones de sobretensión eléctrica, 15 % de tolerancia de la capacitancia y 10 % por armónicas.

Al hacer la selección de un eslabón fusible para un banco de capacitores, la característica Corriente-Tiempo del fusible debe ser comparada con la curva de ruptura del tanque de la unidad, la curva es suministrada por el fabricante. La curva de ruptura compara la probabilidad de ruptura con las diferentes relaciones de Corriente-Tiempo.

Las características Corriente-Tiempo del fusible para un banco de capacitores debe ser seleccionada para:

- Soportar la corriente "inrush" asociada con la energización del banco de capacitores.
- Soportar la corriente prevista del banco que puede ser alrededor del 135% de la corriente nominal.
- Operar tan pronto como sea posible en respuesta a una falla de la unidad.
- Proteger las unidades individuales en el banco contra ruptura, de acuerdo con las curvas de ruptura de tanque.

- Soportar el transitorio de corriente de desconexión (outrush current) del banco de capacitores que resulta cuando un banco cercano es energizado o cuando una falla ocurre.

Los criterios actuales establecen factores comprendidos de 1.35 a 1.65 veces la corriente nominal de los capacitores.

A manera de Ejemplo:

Tensión eléctrica del sistema : 13.8 kV

Para 13.87 kV corresponden unidades de 7.96 kV

Potencia reactiva (kVAR): 100

Aplicando la fórmula se tiene:

|  |                                |   |
|--|--------------------------------|---|
| $I_{\text{ESLABÓN}} = 1.65 \times \frac{(kVAR_{\text{unidad}})}{kV_{\text{unidad}}}$ | Aplicando la fórmula se tiene: | $I_{\text{ESLABÓN}} = 1.65 \times \frac{(100)}{7.96} = 2072A$ |
|--|--------------------------------|---|

Solución: se recomienda un eslabón fusible de 20 K, es importante recordar que el eslabón fusible que se elija, sus Curvas de Corriente-Tiempo debe quedar a la izquierda de la curva de ruptura del tanque. Sin embargo, será responsabilidad del diseñador o proyectista de la instalación eléctrica el definir la capacidad adecuada del eslabón fusible en función de la curva de probabilidad de ruptura del tanque, suministrado por el fabricante.

## 12.1 Coordinación Fusible - Fusible

Para lograr una coordinación entre fusibles, generalmente se utilizan las Curvas de Interrupción Total del Fusible Protector y las Curvas del Corriente-Tiempo de Fusión del Eslabón Fusible Protegido, de tal forma que una falla en el lado de la carga debe operar el fusible protector (F2), antes de que se presente algún daño en el fusible protegido (F1), el cual debe operar únicamente como respaldo para la misma falla. Ver figura 7.

La coordinación de los fusibles de expulsión se logra comparando la Curva Corriente-Tiempo de Interrupción Total del fusible protector (F2), con la curva de Corriente-Tiempo mínima de fusión del fusible protegido (F1) la cual previamente debe haberse reducido a un 75 % en valores de tiempo para asegurar la no operación o daño por efecto de precalentamiento debido a la carga y a temperatura ambiente.

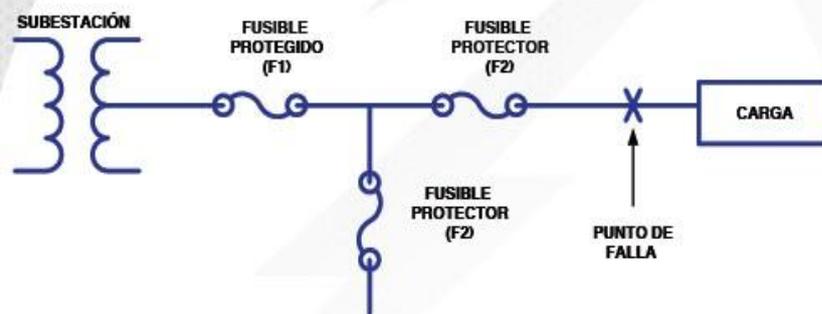


Figura 7. Coordinación Fusible - Fusible

## 12.2 Coordinación entre Restaurador - Fusible

En esta coordinación se busca que las operaciones rápidas del restaurador no provoquen daños en los fusibles, incluyendo el efecto acumulativo de la operación rápida considerando los intervalos de recierre. Las operaciones lentas del restaurador se deben retardar lo suficiente para asegurar la operación del fusible antes

de la apertura definitiva del restaurador. Ver figura 8.

La curva de Interrupción Total del fusible se utiliza para establecer el límite inferior de la coordinación de la curva de retraso de tiempo del restaurador.

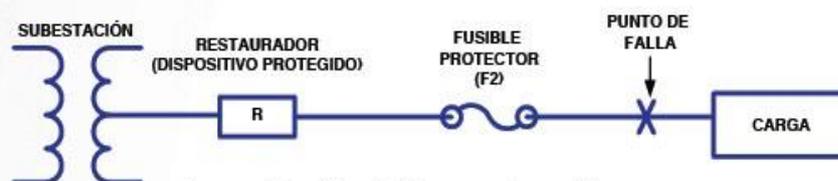
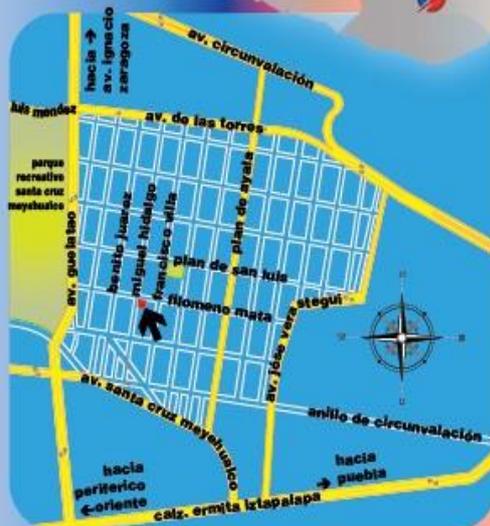


Figura 8. Coordinación Restaurador Fusible



**ELECTRAMEX**

ELECTRAMEX S.A. DE C.V.



**ELECTRAMEX, S.A. DE C.V.**

Miguel Hidalgo No. 104. Col. Ejidal Santa Maria Azahuacan, Z.U.E. C.P. 09570 MÉXICO, D.F.  
Tel: 01 (55) 1546-0126 01 (55) 1546-0128 01 (55) 1546-0617 01 (55)1546-0618 Fax: 01 (55)1546-0614  
web site: [www.electramex.com](http://www.electramex.com) e-mail: [ventas@electramex.com](mailto:ventas@electramex.com)

