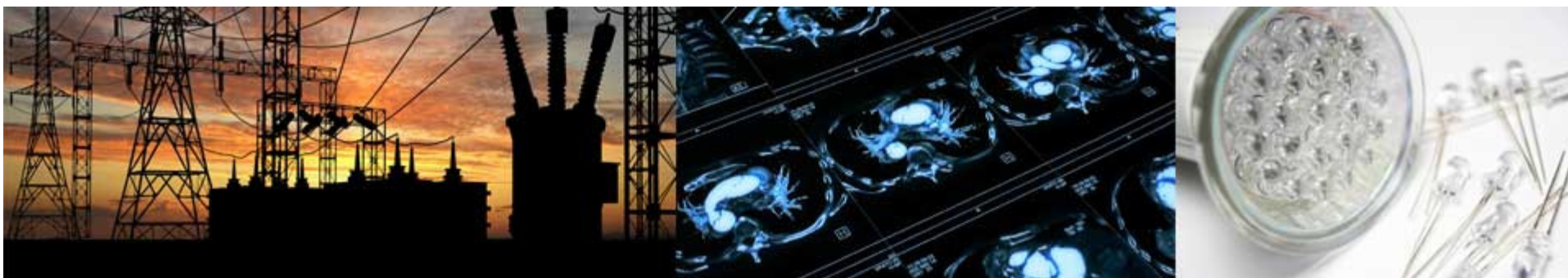
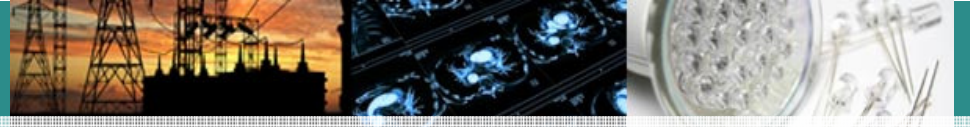


Evaluación del Tubo de Acero y EMT Como Conductores de Puesta a Tierra del Equipo



The Association of Electrical and Medical Imaging Equipment Manufacturers





Esquema del programa

Requisitos del NEC

- RMC, IMC y EMT
- Conductores de cobre y aluminio

Instituto de investigación tecnológica de Georgia

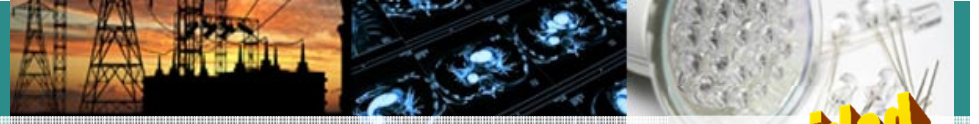
Software de análisis GEMI

Dimensionando el EGC

Comparación del NEC y el software GEMI

Resumen de resultados

Ejercicios de computación



Seguridad

Seguridad

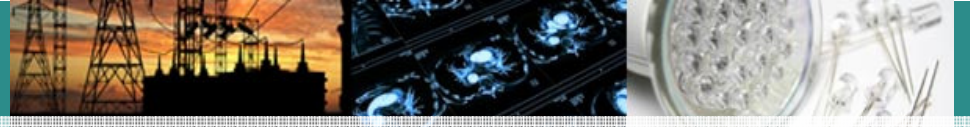
La puesta a tierra y unión es primordial para una buena instalación

Protección contra:

- Descargas atmosféricas y transitorios de tensión
- Cortocircuitos
- Fallas a tierra
- Límite de fuego y riesgos de choque

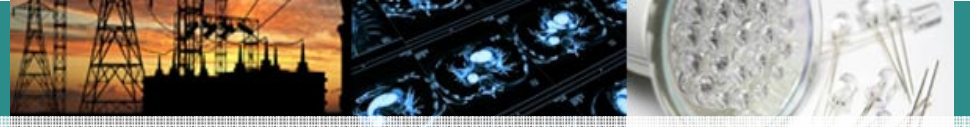
Cumplimiento con el NEC





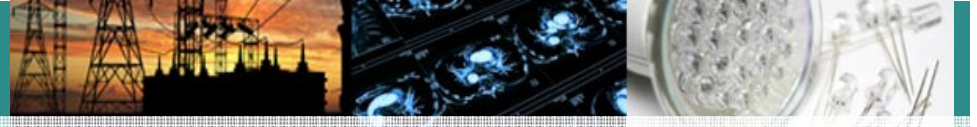
NEC 110.10

“Los dispositivos de protección contra sobrecorriente, la impedancia total, la asignación de corriente de cortocircuito del equipo, y otras características del circuito que va a protegerse deben seleccionarse y coordinarse para permitir que los dispositivos de protección del circuito utilizados para quitar una falla para hacerlo sin grandes daños a los equipos eléctricos del circuito...”





NEC 110.10

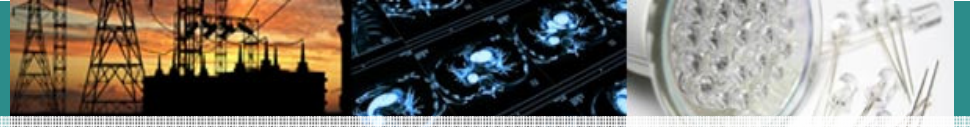
“Debe asumirse que esta falla sea entre dos o más de los conductores del circuito o entre cualquier conductor del circuito y el conductor de puesta a tierra del equipo o la canalización metálica que los encierra. Debe considerarse que los productos listados aplicados de acuerdo con su listado cumplen los requisitos de esta sección.”



2008 NEC®

 La verificación de una trayectoria de retorno de falla efectiva, segura y adecuada (EGC) es un requisito.

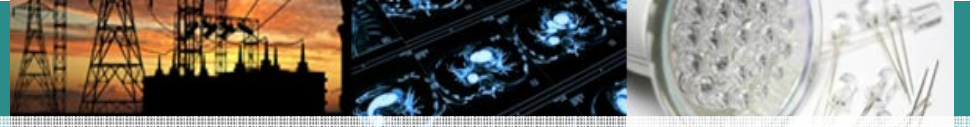
 Todas las partes metálicas que pueden formar parte de esta trayectoria deben **unirse (conectarse)** juntas.



300.10




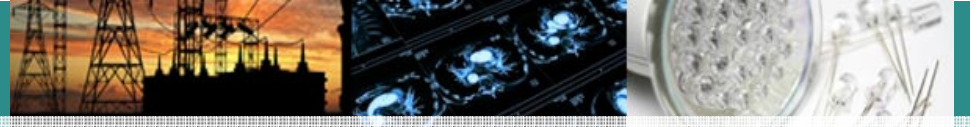
Las canalizaciones metálicas, armadura del cable y otros envolventes metálicos para los conductores deben unirse mecánicamente en un conductor eléctrico continuo y deben conectarse a todas las cajas, accesorios y gabinetes para proporcionar continuidad eléctrica efectiva. A menos que específicamente se permita en otra parte en este Código, las canalizaciones y ensambles de cables deben asegurarse mecánicamente a las cajas, accesorios, gabinetes y otros envolventes.



300.12

 Continuidad mecánica – Canalizaciones y cables.

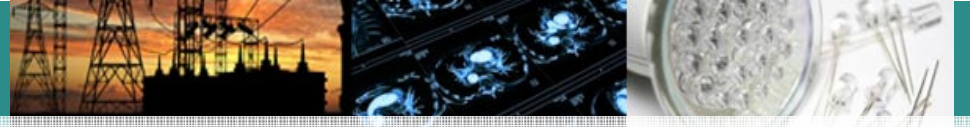
 Las canalizaciones metálicas o no metálicas, armaduras de cables y cubiertas de cables deben ser continuas entre gabinetes, cajas, accesorios u otros envolventes o salidas.



El Artículo 250 del NEC es único

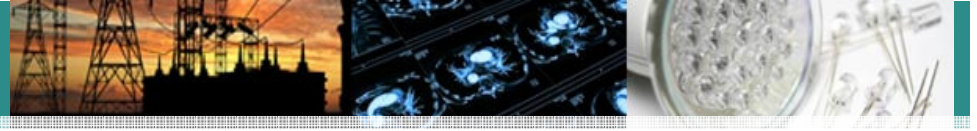
💡 250.4(A) y (B) contiene los requisitos de desempeño generales para la puesta a tierra y unión.

💡 El resto del artículo 250 contiene métodos prescriptivos para cumplir con estos requisitos de desempeño.




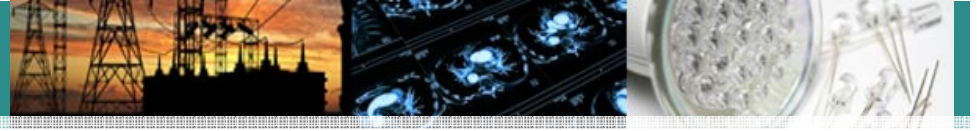
Organización del Artículo 250 del NEC

- I Generalidades**
- II Puesta a tierra del circuito y el sistema**
- III Sistema del electrodo de puesta a tierra y conductores del electrodo de puesta a tierra**
- IV Puesta a tierra del envolvente, canalización y cable de servicio**
- V Unión**
- VI Puesta a tierra del equipo y conductores de puesta a tierra del equipo**
- VII Métodos de puesta a tierra del equipo**
- VIII Sistemas de corriente continua**
- IX Instrumentos, medidores y relevadores**
- X Puesta a tierra de sistemas y circuitos de 1kV y mayor**



250.118 del NEC “Tipos de conductores de puesta a tierra del equipo”

 *“El conductor de puesta a tierra del equipo que corre con o encierra los conductores del circuito debe ser uno o más o una combinación de los siguientes:”*

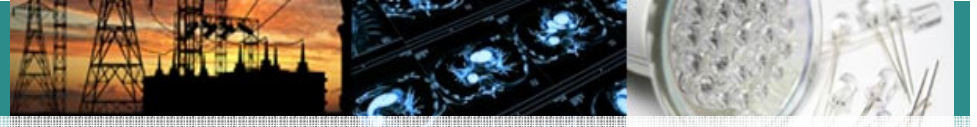


Artículo 250.118 del NEC



- (1) Un conductor de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre
- (2) Tubo conduit metálico pesado
- (3) Tubo conduit metálico semipesado
- (4) Tubo conduit metálico flexible

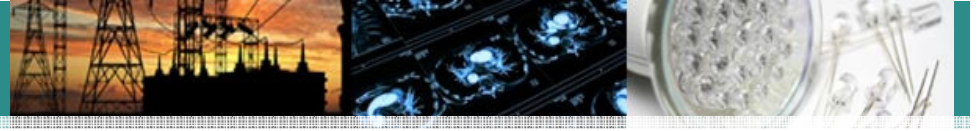
MÁS . . .

Otros 10 métodos de cableado



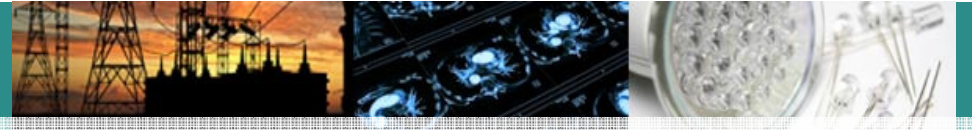
NEC 250.4(A)(5)

-  *“Trayectoria de la corriente de falla a tierra efectiva. El equipo eléctrico y el cableado y otro material eléctricamente conductor que sea probable de energizarse, debe instalarse de forma que cree un circuito de baja impedancia, facilitando el funcionamiento del dispositivo de sobrecorriente o del detector de tierra para sistemas puestos a tierra de alta impedancia.”*
-  *“Debe ser capaz de conducir con seguridad la corriente de falla a tierra máxima probable a ser impuesta en él desde cualquier punto en el sistema de cableado donde puede ocurrir una falla a tierra a la fuente de alimentación eléctrica.”*

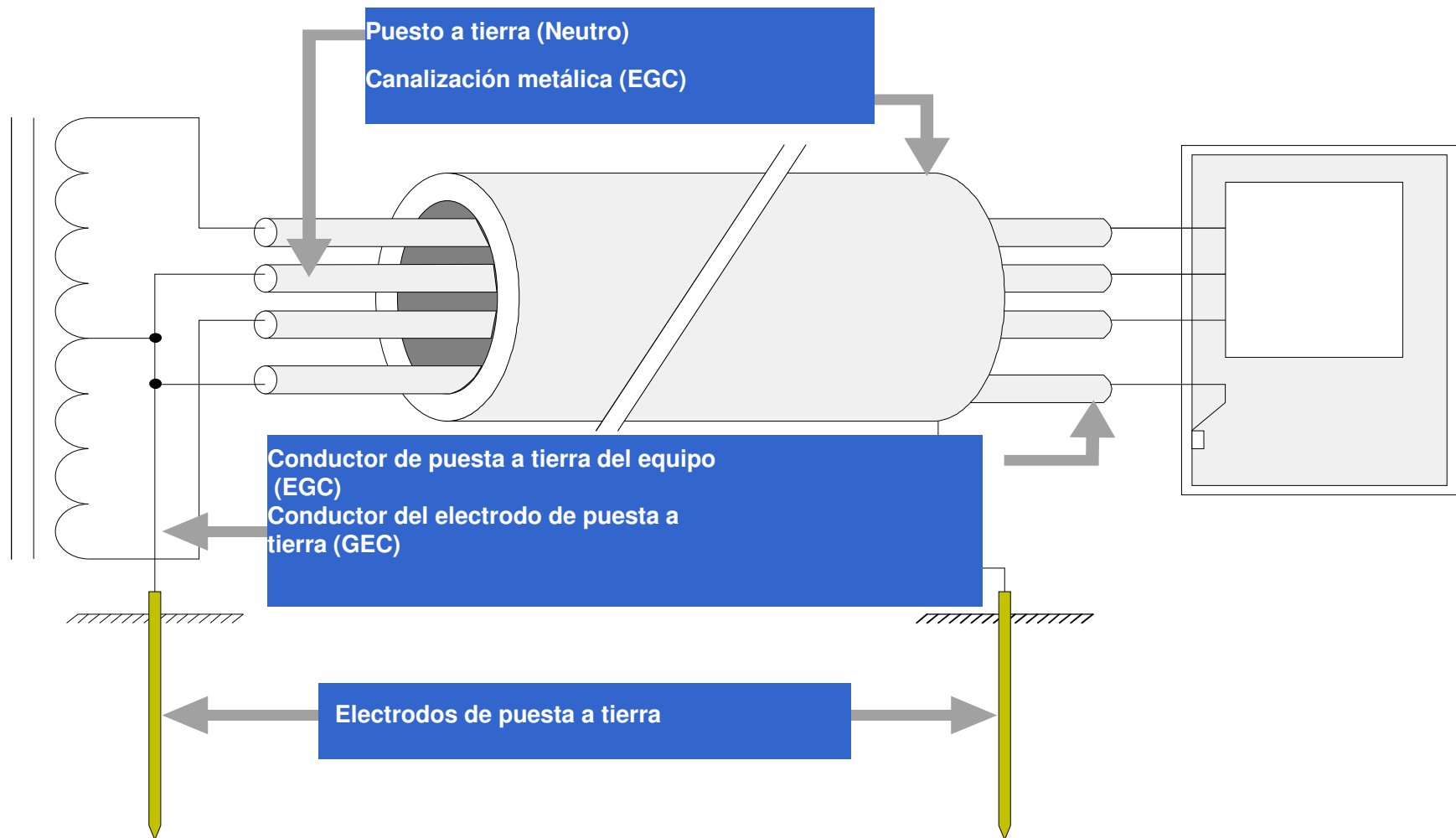


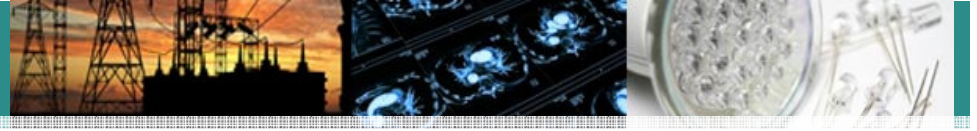
NEC 250.4(B)(2)

💡 *“Unión del equipo eléctrico. “Los materiales conductores que no conducen corriente que encierran conductores eléctricos o equipos, o forman parte de dicho equipo, deben conectarse entre sí y al equipo puesto a tierra del sistema de alimentación de una manera que cree una trayectoria de baja impedancia para la corriente de falla a tierra que es capaz de conducir la corriente máxima de falla que sea probable a ser impuesta en ésta.”*




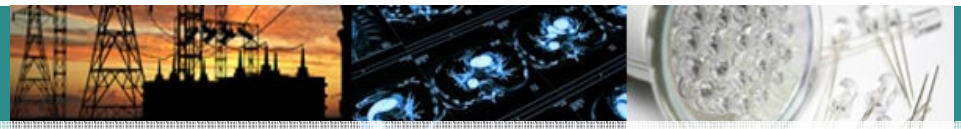
Trayectorias a tierra







NEC 250.24(A)(5)

 *“Conexiones de puesta a tierra del lado de la carga. Un conductor puesto a tierra no debe conectarse a las partes metálicas del equipo que normalmente no conducen corriente, a(los) conductor(es) de puesta a tierra del equipo o reconectarse a tierra en el lado de la carga de los medios de desconexión del servicio excepto como se permite en este artículo.”*



Tamaño de los conductores de puesta a tierra del equipo

-  (A) Generalidades. Los conductores de puesta a tierra del equipo de cobre, aluminio, o de aluminio recubierto de cobre del tipo alambre no deben ser menores que los que se muestran en la tabla 250.122
-  Cuando una charola para cables, una canalización o una armadura o cubierta del cable se utiliza como el conductor de puesta a tierra del equipo, como se indica en 250.118 y 250.134(A), éste debe cumplir con 250.4(A)(5) o (B)(4).

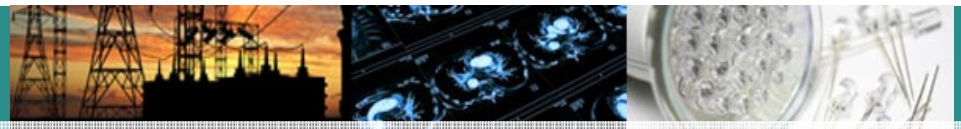


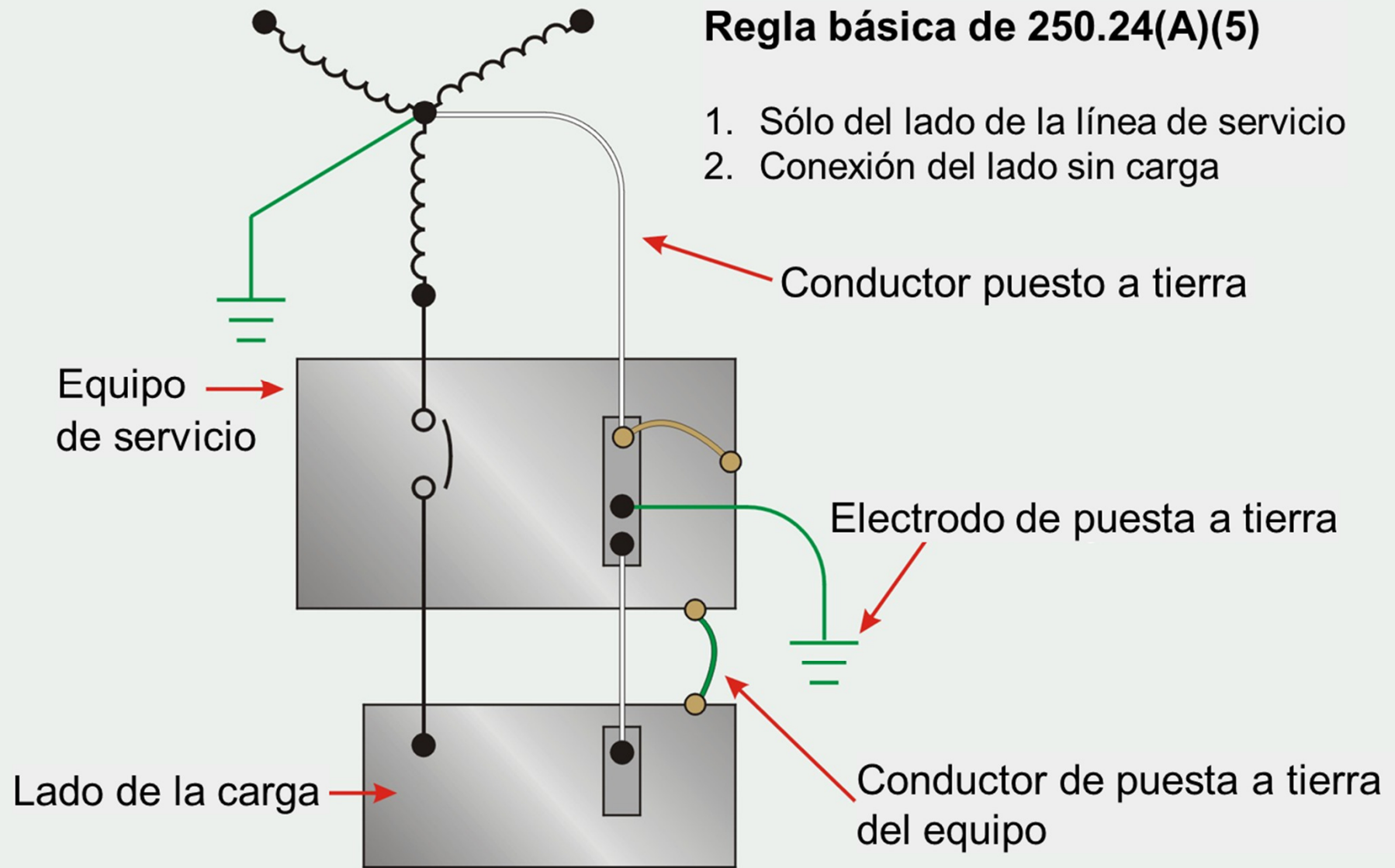
Tabla 250.122

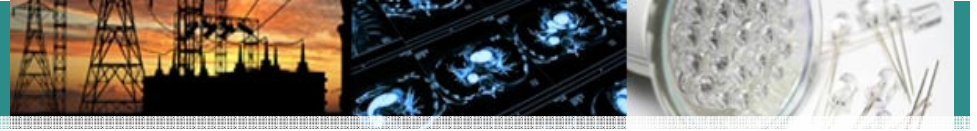
**Tabla 250.122 Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra del equipo
para canalizaciones y equipo de puesta a tierra**

Asignación o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente en el circuito adelante del equipo, tubo, etc., sin exceder (Amperes)	Tamaño (AWG o kemil)		Aluminio o Aluminio	recubierto de cobre*
	Cobre			
15	14		12	
60	10		8	
100	8		6	
200	6		4	
300	4		2	
400	3		1	
500	2		1/0	
600	1		2/0	
800	1/0		3/0	
1000	2/0		4/0	
1200	3/0		250	
1600	4/0		350	
2000	250		400	
2500	350		600	
3000	400		600	
4000	500		800	
5000	700		1200	
6000	800		1200	

Nota: Cuando sea necesario cumplir con 250.4(A)(5) o (B)(4), el conductor de puesta a tierra del equipo debe dimensionarse mayor que el que se proporciona en esta tabla.

Conexiones de puesta a tierra del sistema

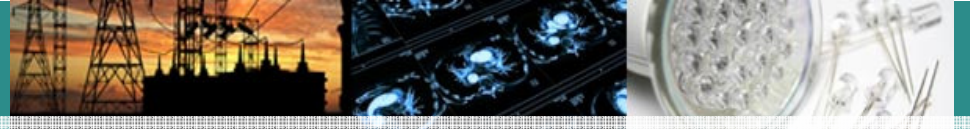




Desarrollo del programa GEMI

Validación necesaria para los datos existentes

- Libro de Soares sobre la puesta a tierra (tablas)
 - Longitudes seguras para conductores de cobre y aluminio
 - Longitudes seguras para
 - Tubo conduit metálico pesado
 - Tubo conduit metálico semipesado
 - Tubo conduit metálico flexible
- Estudios de R.H. “Dick” Kaufman



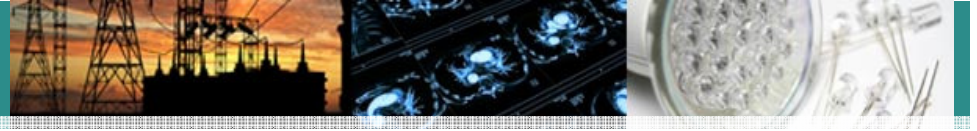
¿Qué es “GEMI”?

Puesta a tierra e **I**nterferencia **E**lectro**M**agnética

Software de análisis

- Fase I: Puesta a tierra
- Fase II: EMF/EMI



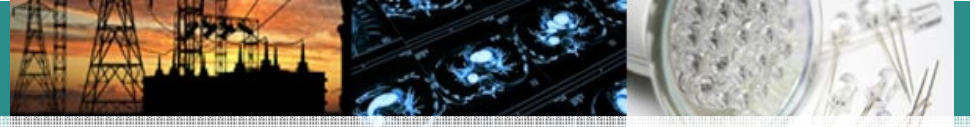


GEMI






Fase uno

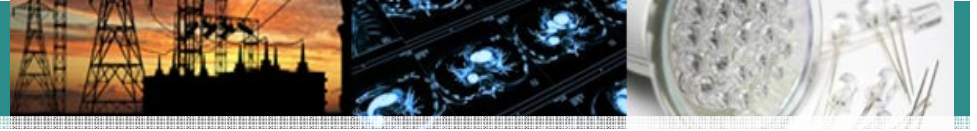
Desempeño de las trayectorias de la puesta a tierra

**Esta investigación es la primera actualización
en cuarenta años sobre la impedancia y
permeabilidad del tubo de acero.**



Antecedentes de GEMI

-  **1992** Estudio de la puesta a tierra iniciado en el Instituto de Tecnología de Georgia
-  **1994** Fase I completada (estudio de la puesta a tierra)
“Modelado y pruebas de los tubos de acero EMT, IMC y pesado”
-  **1997** Fase II completada *“Modelado y evaluación de los sistemas de tubos para armónicas y campos electromagnéticos”*
-  **1999** software GEMI- versión Windows
-  **2002-04** actualizaciones de GEMI



Fase I de GEMI

Temas clave examinados



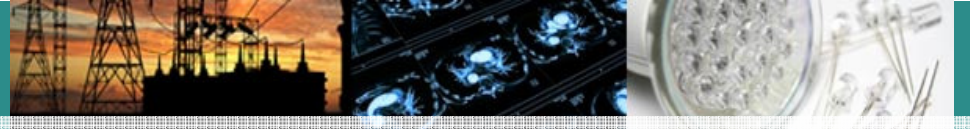
¿Son los tubos de acero pesado, IMC y EMT eficaces como conductores de puesta a tierra del equipo?



¿Qué longitud de tramo puede instalarse con seguridad?



¿El EGC complementario alarga el tramo?



Acerca del proyecto

- 💡 Pruebas de resistencia y permeabilidad en laboratorio
- 💡 Modelado en computadora
- 💡 Pruebas en campo de escala completa
- 💡 Informe escrito
- 💡 Liberación del software al usuario
- 💡 Documento de IEEE

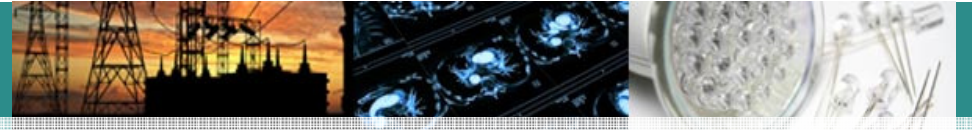
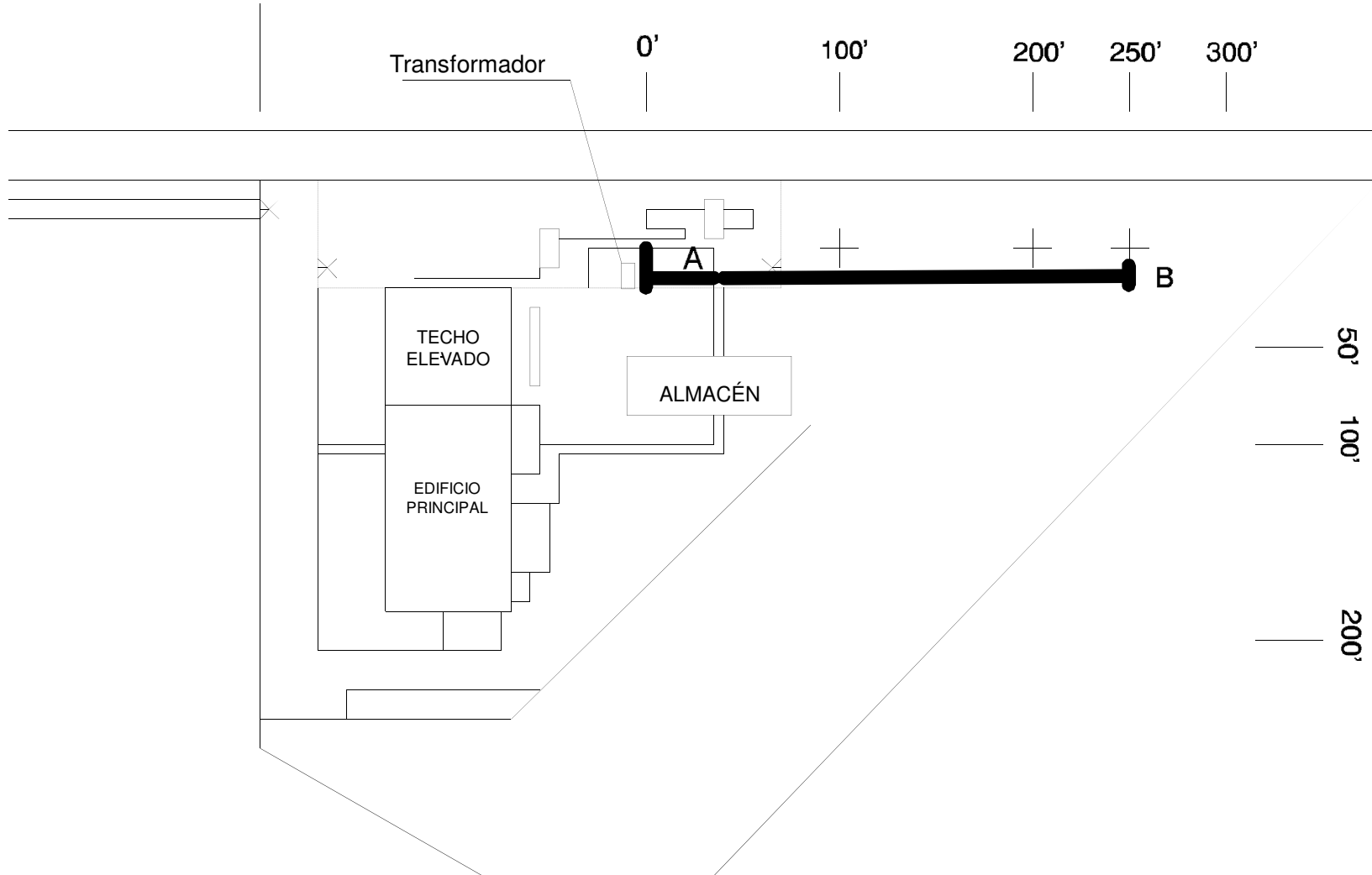


Ilustración de la instalación del laboratorio Kearney

0 25 50 75 100

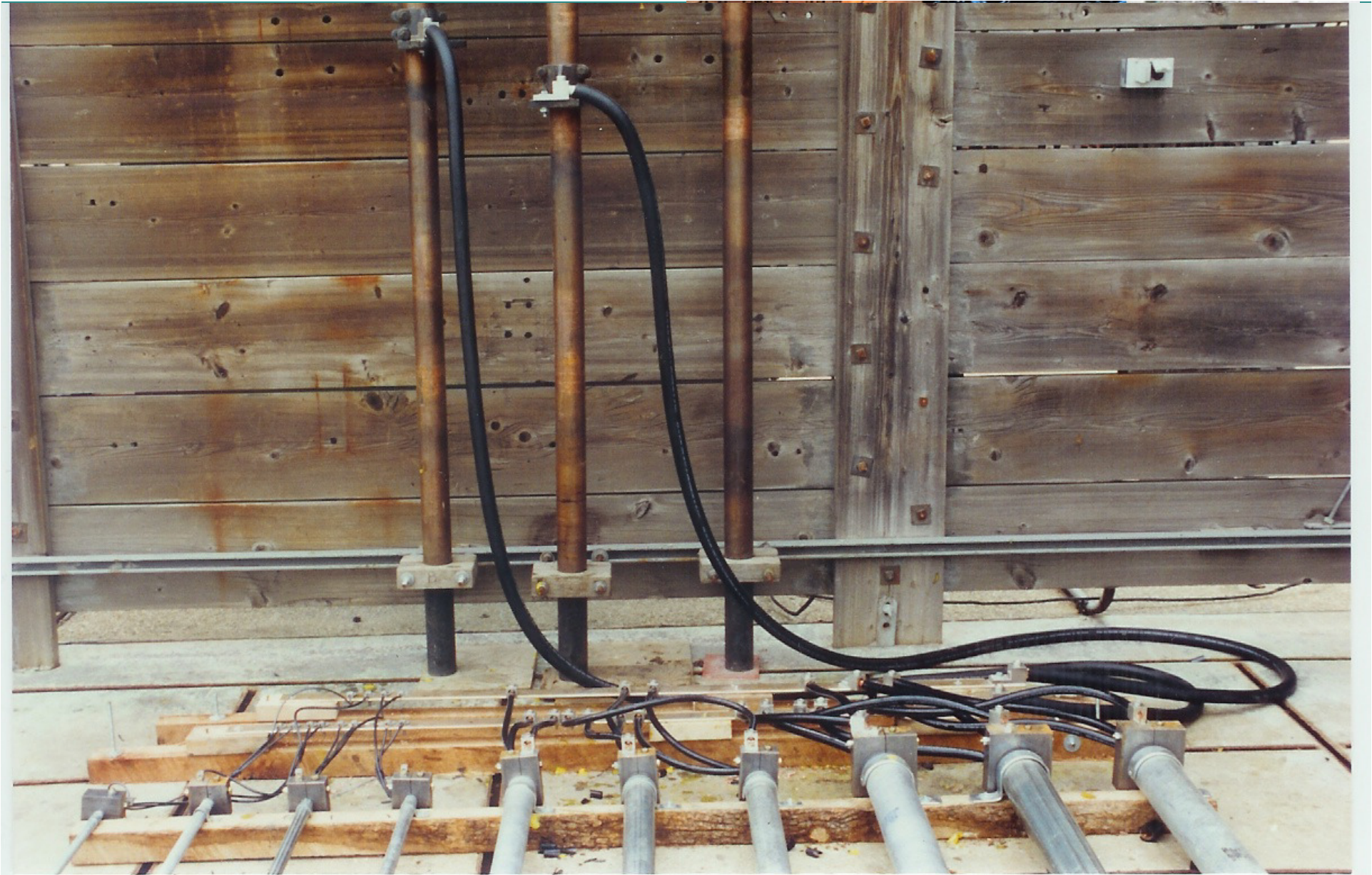




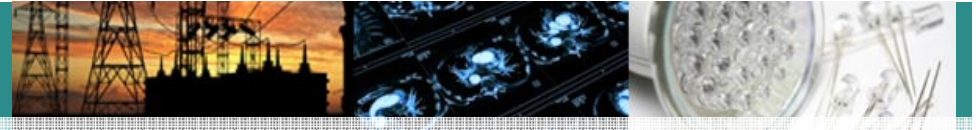
Sala del transformador y control del laboratorio Kearney en McCook, IL



Instalación del laboratorio de pruebas de Kearney

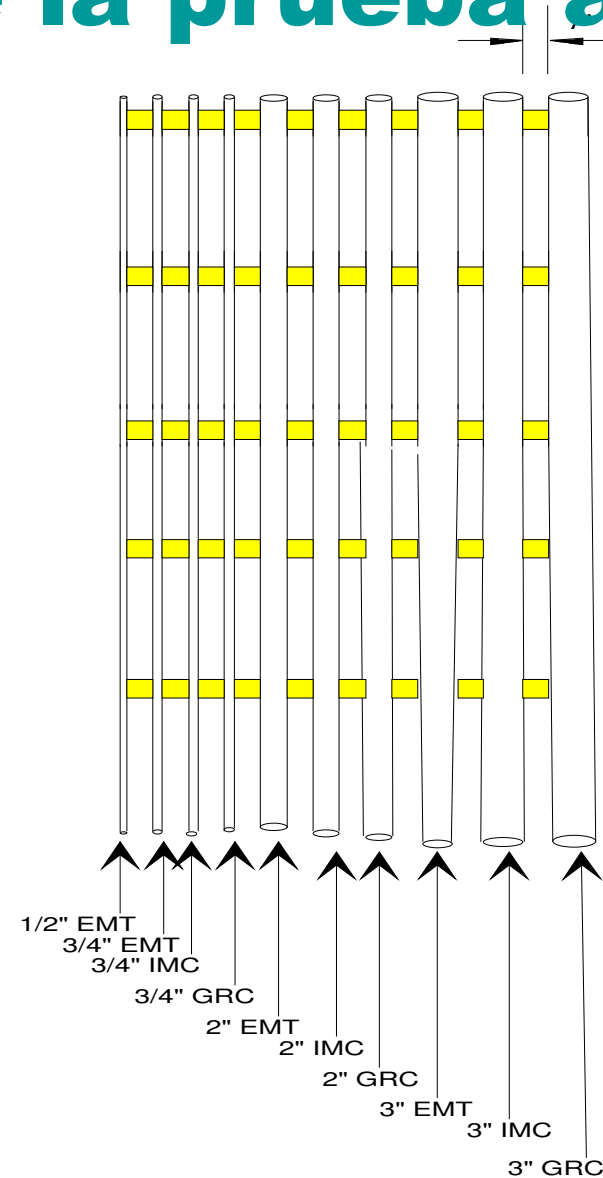


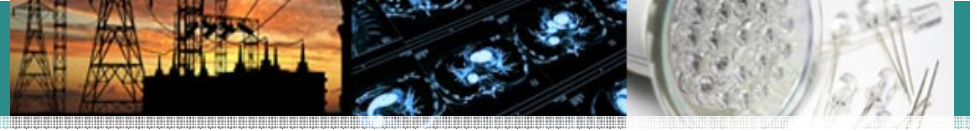
Bloques de prueba y puntas terminales al transformador



Configuración de la prueba a escala completa

La figura 5.2 ilustra la configuración de diez tramos de tubo de acero. Se encerraron los conductores de potencia pero no se muestran. La longitud total de cada tramo de tubo es de 256 pies. Se utilizaron bloques de madera para espaciar los tubos.

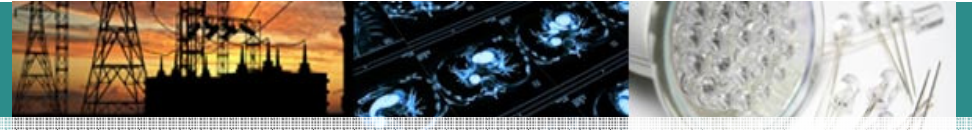




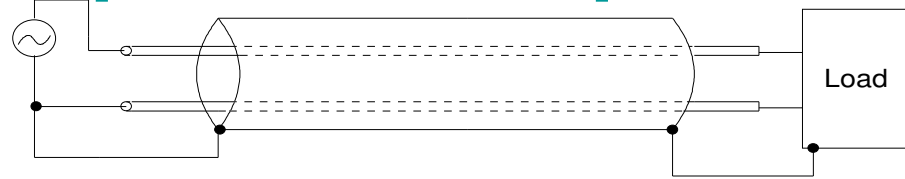
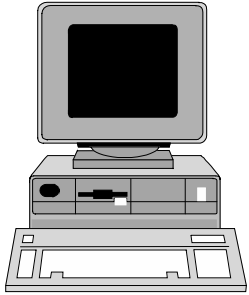
Accesorios utilizados en las pruebas



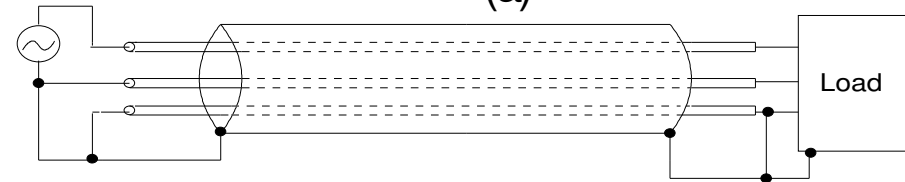
Se realizaron pruebas tanto en 120 V como en 277 V a tierra utilizando acoplamientos de tornillo de fijación de cinc fundido y acero y de compresión sin diferencia significativa en la impedancia total.



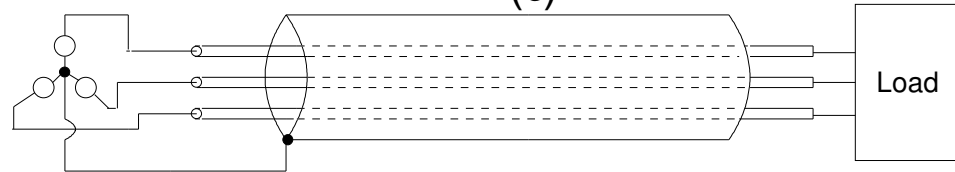
Preocupaciones de la puesta a tierra



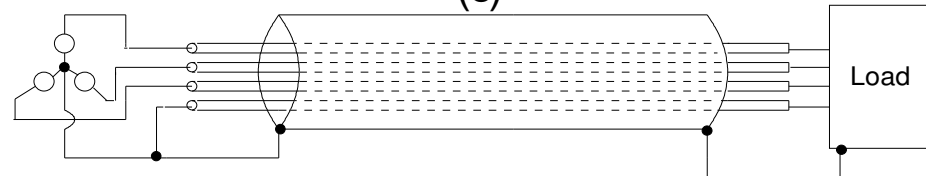
(a)



(b)

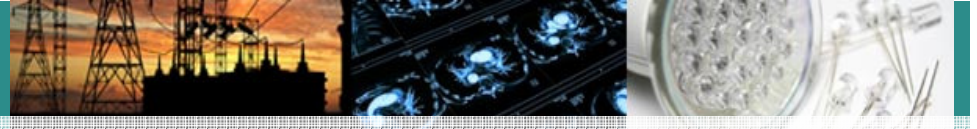


(c)



(d)

- (a) Circuito monofásico sin conductor de tierra
- (b) Circuito monofásico con conductor de tierra
- (c) Circuito trifásico sin neutro
- (d) Circuito trifásico con neutro



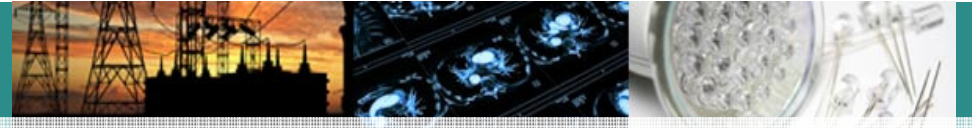
Validación del NEC

250.118 valida

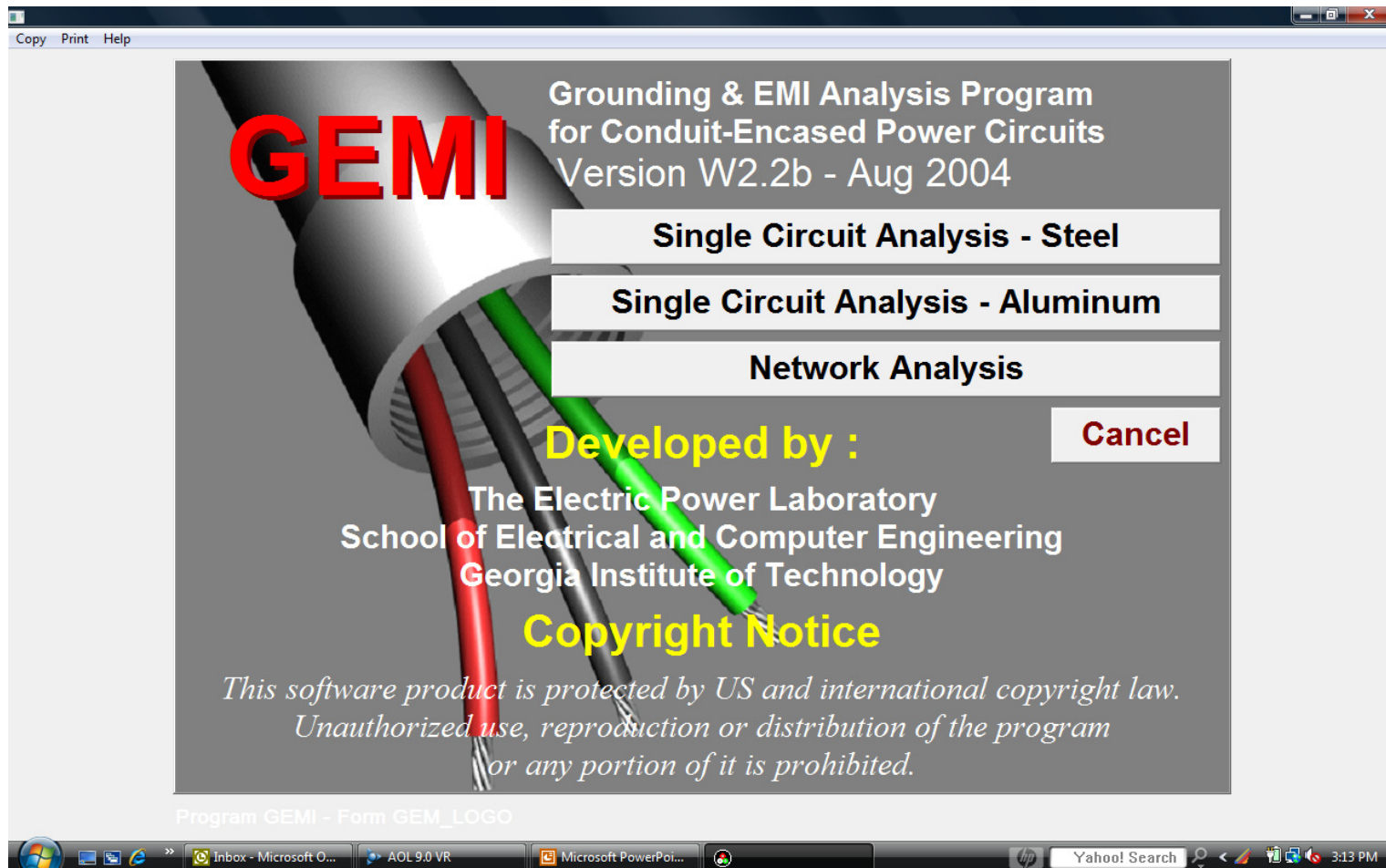
- Longitudes seguras para
Tubo conduit de acero pesado
Tubo conduit metálico semipesado
Tubo conduit metálico flexible

La Tabla 250.122 valida

- Longitudes seguras para
Conductores de cobre y aluminio

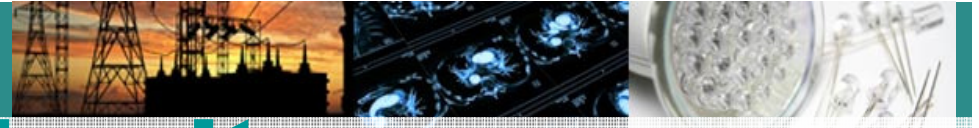


Pantalla de inicio de GEMI

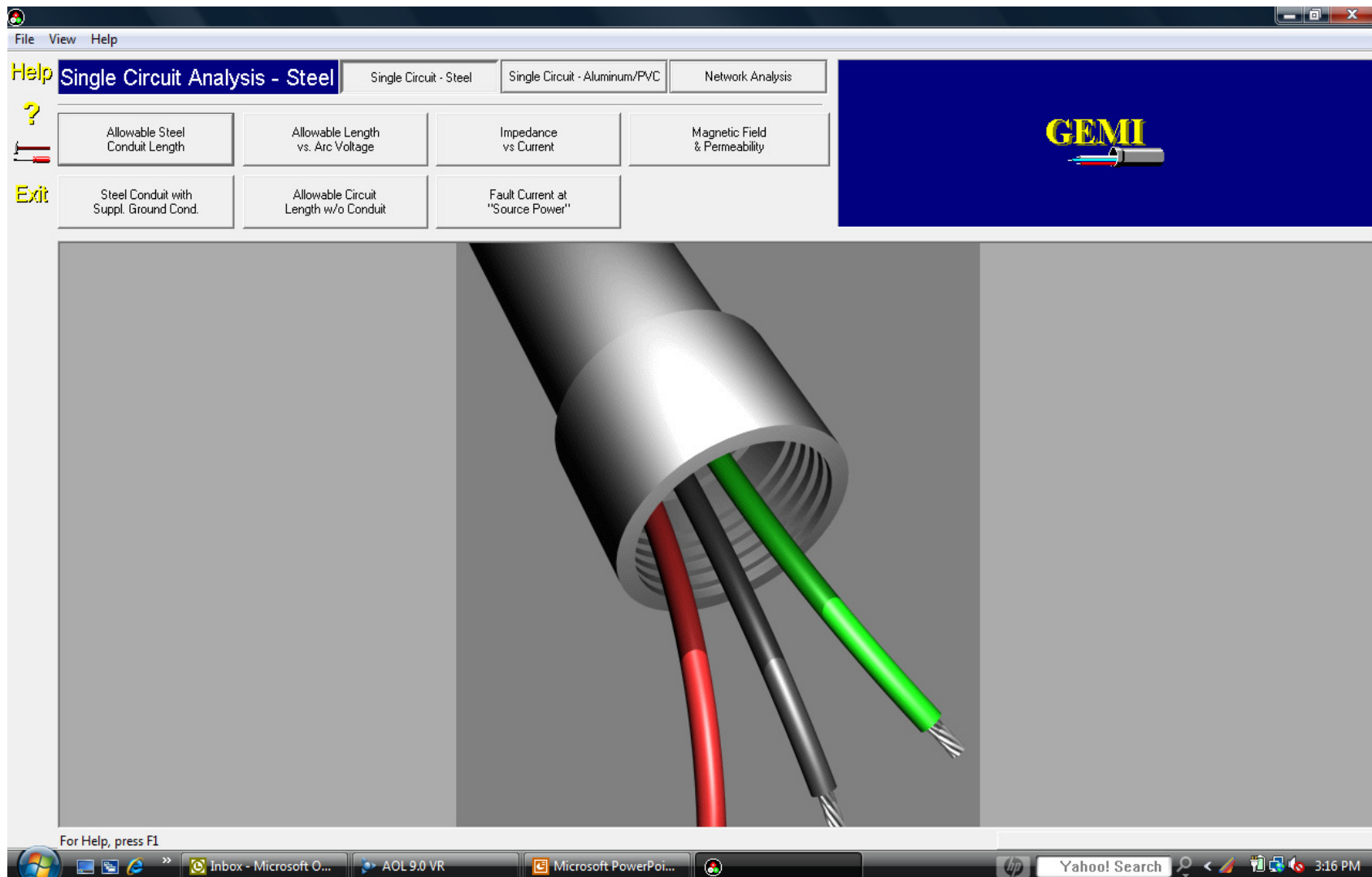


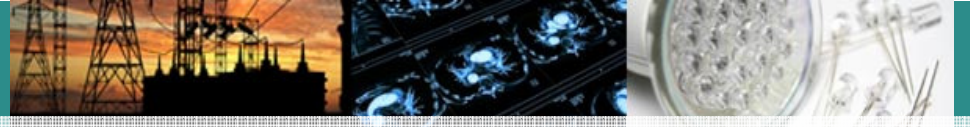


The Association of Electrical and
Medical Imaging Equipment Manufacturers



Análisis de un circuito individual





Longitud máxima del sistema

Arco de 40 V - 400 % del dispositivo de protección
contra sobrecorriente

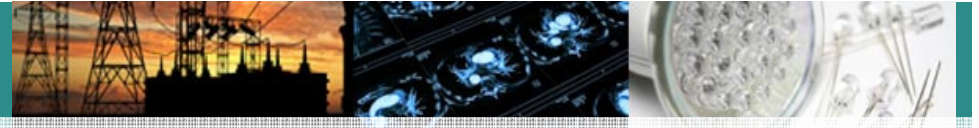
 El software predice las longitudes seguras
máximas del circuito.

- Tubo conduit de acero pesado, IMC y EMT
- Conductores de cobre y aluminio

 Fallas de la línea a tierra

 Fallas de línea a línea o de la línea al neutro

Nota: Deben considerarse todas las otras trayectorias para establecer la
condición limitante. Cada trayectoria de retorno de tierra adicional reduce
la impedancia total.



Parámetros del tubo de acero o tubo metálico flexible

Copy Print Help

Maximum Steel Conduit Length

Close

Steel Conduit Parameters

☒ EMT Steel Conduit Size
☐ IMC Temperature Celsius
☐ GRC

Conductor Parameters

Type
Size
Temperature Celsius

System Parameters

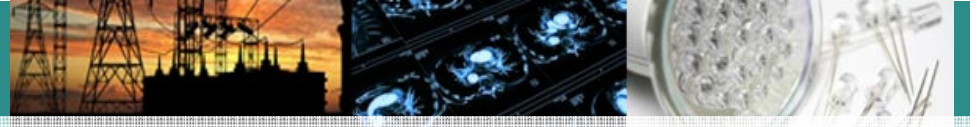
Fault Clearing Current Amperes
Operating Voltage Volts
Arc Voltage Volts

Maximum Circuit Length (feet)

Update

Program GEMI - Form GEMI_M162_RP01

Windows taskbar: Inbox - Microsoft O..., AOL 9.0 VR, Microsoft PowerPo..., Yahoo! Search, 3:25 PM

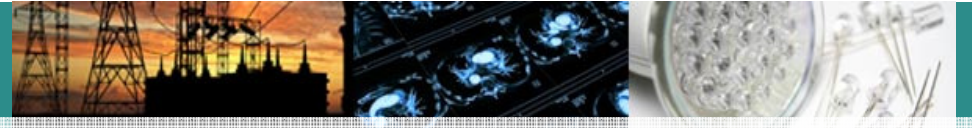


Selección de parámetros

- 💡 Selección del tipo de tubo pesado o flexible
 - Tamaño
 - Temperatura
- 💡 Conductores de cobre o aluminio
 - Tipo y tamaño
 - Temperatura
- 💡 Corriente de despeje de la falla
 - Con base en el dispositivo de sobrecorriente
 - Verificar las curvas de disparo del fabricante (4 - 5 x la asignación de sobrecorriente)
 - Tensión del circuito a tierra
- 💡 Tensión de arco
 - 40 V a menos que tenga información diferente
 - No es probable una falla franca



The Association of Electrical and
Medical Imaging Equipment Manufacturers



Haga clic en “Update” (Actualizar)

Copy Print Help

Maximum Steel Conduit Length			Close
Steel Conduit Parameters			
<input checked="" type="radio"/> EMT	Steel Conduit Size	1/2IN(16)	
<input type="radio"/> IMC	Temperature	25.00	Celsius
<input type="radio"/> GRC			
Conductor Parameters			
	Type	COPPER	
	Size	#10	
	Temperature	25.00	Celsius
System Parameters			
	Fault Clearing Current	150.00	Amperes
	Operating Voltage	289.88	Volts
	Arc Voltage	40.00	Volts
Maximum Circuit Length (feet)		289.88	Update

Program GEMI - Form GEMI_M162_RP01

Windows taskbar: Inbox - Microsoft O..., AOL 9.0 VR, Microsoft PowerPoi..., Yahoo! Search, 3:48 PM

Maximum Steel Conduit Length

Close

Steel Conduit Parameters

- EMT
- IMC
- GRC

Steel Conduit Size

3/4IN(21)

Temperature

25.00

Celsius

Conductor Parameters

Type

COPPER

Size

#10

Temperature

25.00

Celsius

System Parameters

Fault Clearing Current

120

Amperes

Operating Voltage

120.00

Volts

Arc Voltage

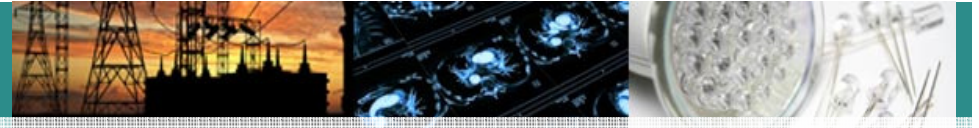
40.00

Volts

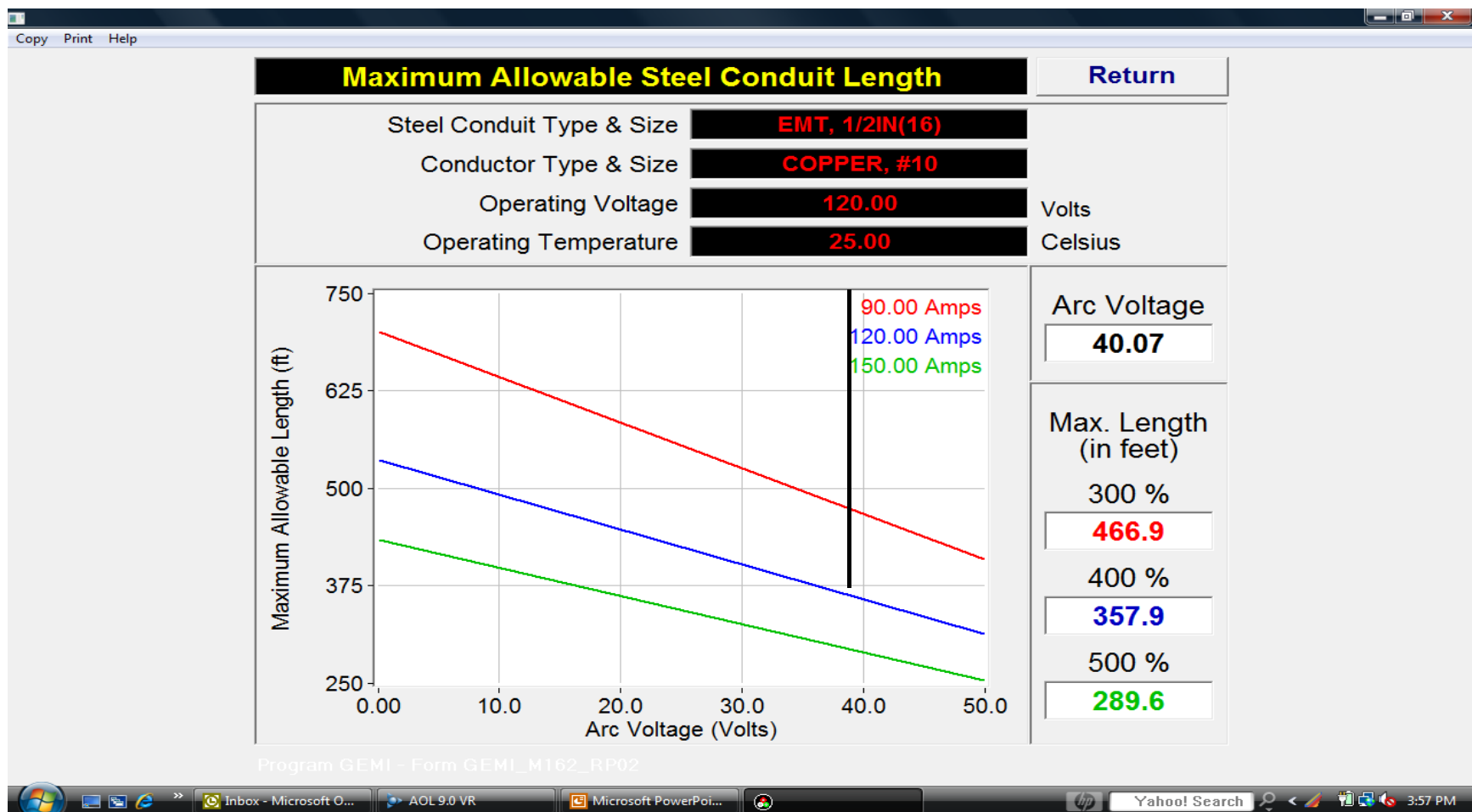
Maximum Circuit Length (feet)

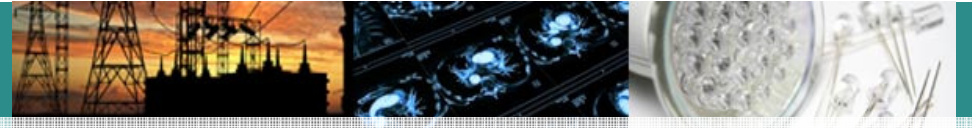
404.80

Update



Longitudes de seguridad permisibles para comparar fallas de arco





Las corrientes de falla son bajas

Copy Print Help

Fault Current at "Source Power" Close

Steel Conduit Parameters

☒ EMT Steel Conduit Size
☐ IMC Temperature Celsius
☐ GRC

Conductor Parameters




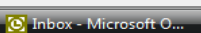
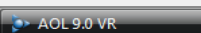
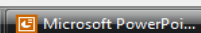



Type
Size
Temperature Celsius

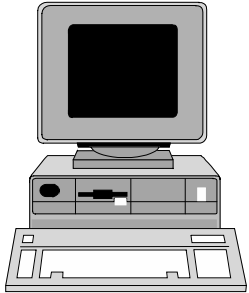
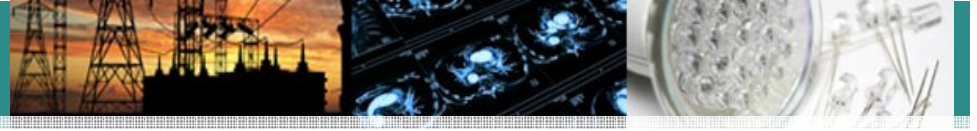
System Parameters

Steel Conduit Length feet
Operating Voltage Volts
A e Volts

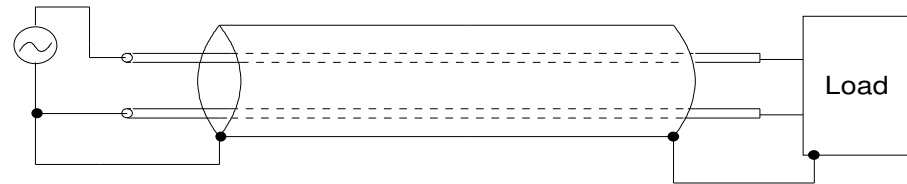
Fault Current **141.15** **Amperes** Update

Program GEMI - Form GEMI_M162_RP09

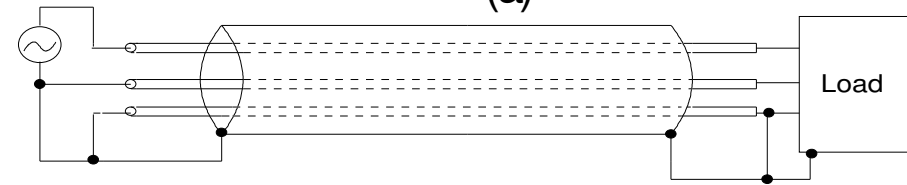
Windows Taskbar:    >>      <  4:07 PM



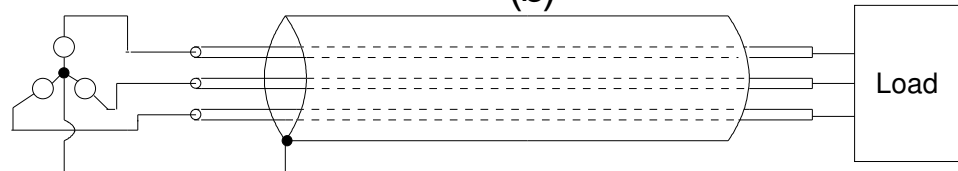
Preocupaciones de la puesta a tierra



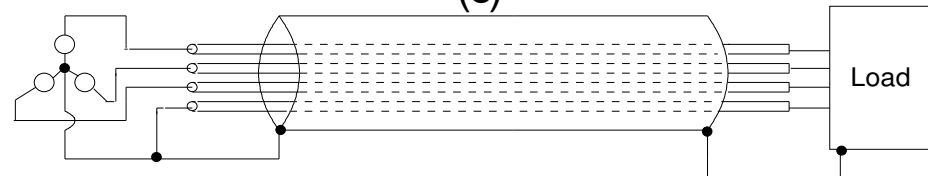
(a)



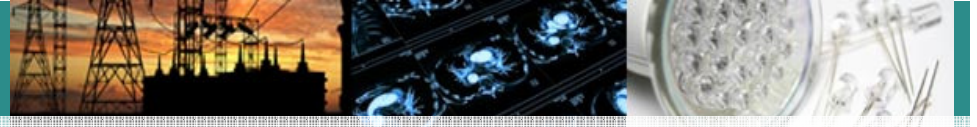
(b)



(c)

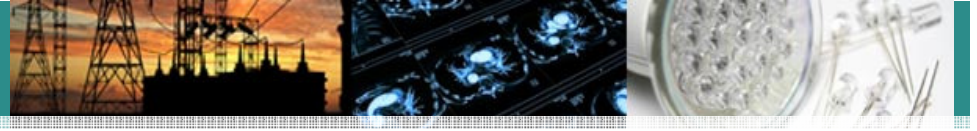


(d)




Resumen de los resultados claves

- 💡 El tubo conduit de acero EMT, IMC y el pesado cumplen los requisitos del NEC para EGCs.
- 💡 El tubo conduit de acero EMT, IMC y pesado de tamaño comparable permite el flujo de la corriente de falla mayor que los EGCs de aluminio y cobre.
- 💡 El tubo conduit de acero EMT, IMC y pesado proporcionan una trayectoria de baja impedancia a tierra.
 - Facilitan la operación de los dispositivos de sobrecorriente en tramos que no excedan las longitudes máximas permisibles que se detallan en el informe

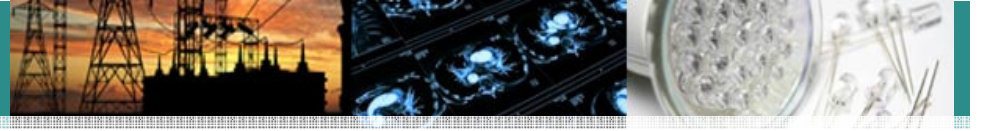


Resumen de los resultados claves

 Los conductores de puesta a tierra del equipo complementarios, al participar en el circuito de falla, reducen la impedancia total. . .

- No adicionan seguridad en la falla de fase a neutro
- Pueden aumentar la longitud permitida del tubo de acero, dependiendo del tamaño y diseño del sistema

 El tubo de acero no es el factor limitante en una falla de conductor a neutro



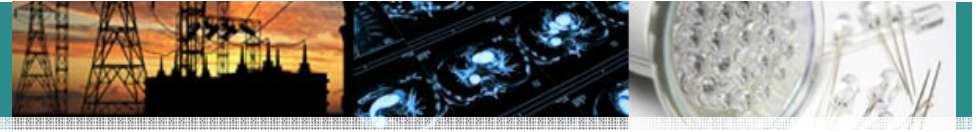
Inicio del programa

Slide 47

RL2

The US Steel conduit producers have participated studies at the Georgia Institute of Technology (GA-TECH) to evaluate the use of RMC, IMC and EMT as an acceptable EGC in compliance of the 2008 NEC.

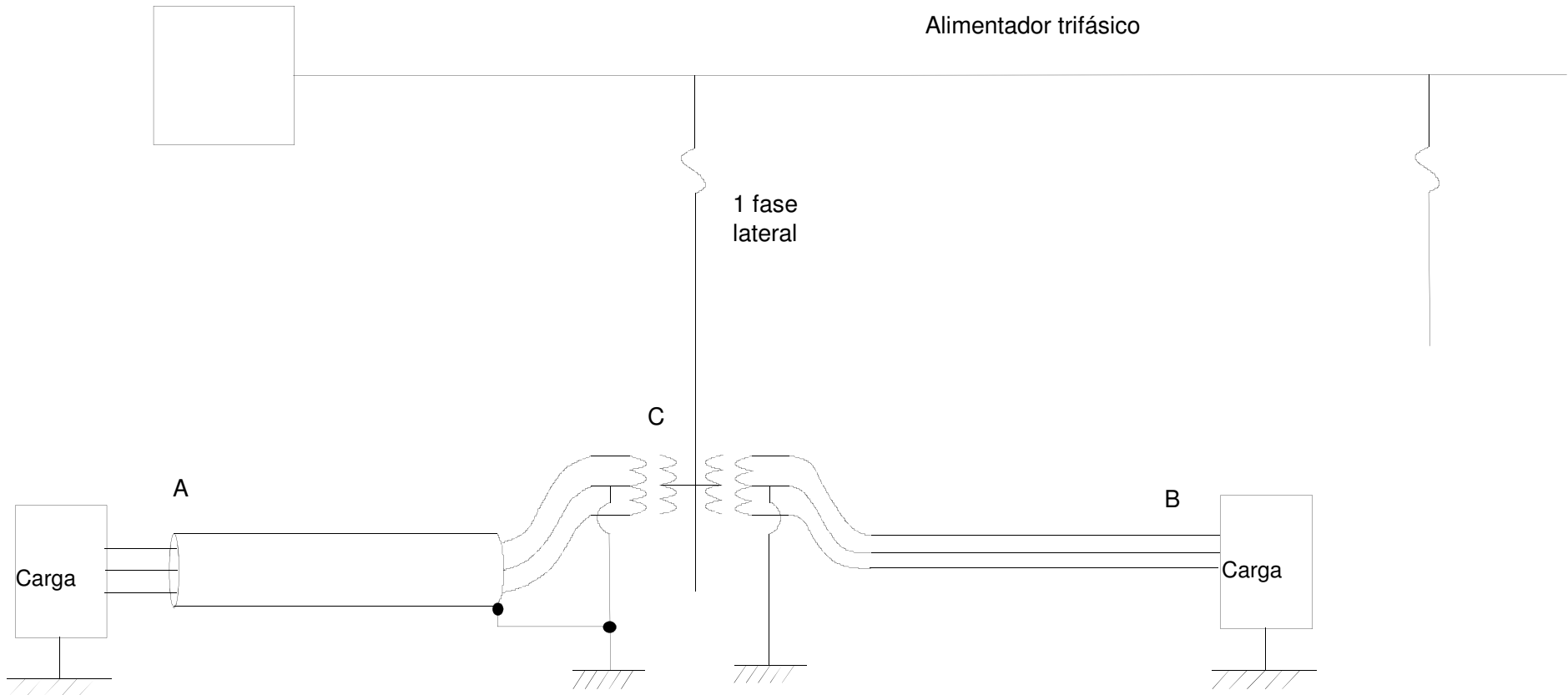
Richard Loyd, 11/13/2007

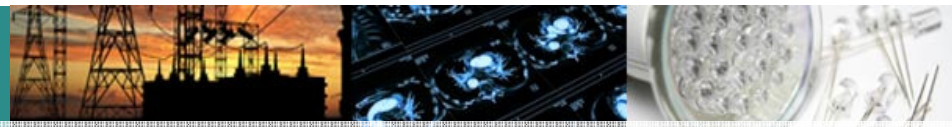


Análisis de los sistemas específicos

Subestación del
suministrador

Alimentador trifásico



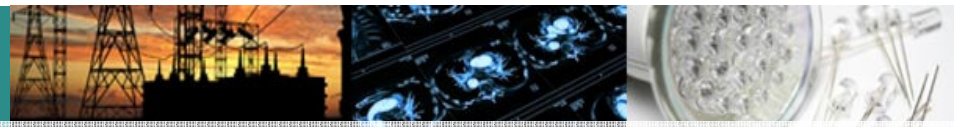


Ejemplos de la longitud máxima del conductor de puesta a tierra del equipo (alambre de acero IBMT, IMC y cobre, recubierto de cobre o aluminio) computada como una trayectoria de falla de retorno segura al dispositivo de sobrecorriente con base en el Software del Tecnológico de Georgia de 1994 (GEMI windows 1.1) con una tensión de arco de 40 V y 4 IP 4 a 25 °C ambiente 120 V a tierra

Asignación del dispositivo de sobre-corriente Amperes (75 °C)	400% (4 IP) Asignación del dispositivo de sobre-corriente Amperes	Tamaño del conductor del circuito AWG-kcmil Cobre o aluminio	EMT, IMC GRC Tamaño comercial	(1) Tamaño del conductor de puesta a tierra del equipo cobre o aluminio	Longitud computada del tramo de EMT (en pies)	Longitud computada del tramo de IMC (en pies)	Longitud computada del tramo de GRC (en pies)	(1) Conductor de puesta a tierra de cobre Tramo máximo (en pies)	(1) Conductor de puesta a tierra de aluminio o recubierto de cobre Tramo máximo (en pies)
20	80	12	1/2	---	395	398	384	---	---
20	80	12	---	12	---	---	---	300	---
20	80	10 Al	---	10 Al	---	---	---	---	293
30	120	10	1/2	---	---	383	---	---	---
30	120	10	3/4	---	404	399	386	---	---
30	120	10	---	10	---	---	---	319	---
30	120	8 Al	---	8 Al	---	---	---	---	310
40	160	8	3/4	---	---	414	---	---	---
40	160	8	1	---	447	431	418	---	---
40	160	8	---	10	---	---	---	294	---
40	160	8 Al	---	8 Al	---	---	---	---	232
60	240	6	1	---	404	400	382	---	---
60	240	6	---	10	---	---	---	228	---
60	240	4 Al	---	8 Al	---	---	---	---	221
100	400	3	1 1/4	---	402	397	373	---	---
100	400	3	---	8	---	---	---	229	---
100	400	1 Al	---	6 Al	---	---	---	---	222
200	800	3/0	2	---	390	389	363	---	---
200	800	3/0	---	6	---	---	---	201	---
200	800	250 Al	---	4 Al	---	---	---	---	195

(1) por la tabla 250-95.
Aplicable a tramos de tubo
no metálico.

* La tabla de llenado del NEC permite menor tamaño del tubo.
Nota: El Software no se limita a ejemplos anteriores.



Ejemplos de la longitud máxima del conductor de puesta a tierra del equipo (alambre de acero IBMT, IMC y cobre, recubierto de cobre o aluminio) computado como una trayectoria de falla de retorno segura al dispositivo de sobrecorriente con base en el Software del Tecnológico de Georgia de 1994 (GEMI 2.3) con una tensión de arco de 40 y 4 IP 4 a 25 °C ambiente 277 V a tierra

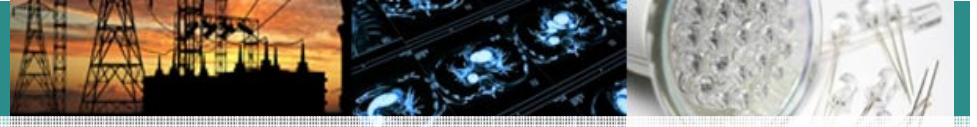
Asignación del dispositivo de sobrecorriente Amperes (75 °C)	400% (4 IP) Asignación del dispositivo de sobrecorriente Amperes	Tamaño del conductor del circuito AWG-kcmil Cobre o aluminio	EMT, IMC GRC Tamaño comercial	(1) Tamaño del conductor de puesta a tierra del equipo cobre o aluminio	Longitud computada del tramo de EMT (en pies)	Longitud computada del tramo de IMC (en pies)	Longitud computada del tramo de GRC (en pies)	(1) Conductor de puesta a tierra de cobre Tramo máximo (en pies)	(1) Conductor de puesta a tierra de aluminio o recubierto de cobre Tramo máximo (en pies)
20	80	12	1/2	---	1170	1179	1140	---	---
20	80	12	---	12	---	---	---	890	---
20	80	10 Al	---	10 Al	---	---	---	---	870
30	120	10	1/2	---	---	1135	---	---	---
30	120	10	3/4	---	1199	1182	1143	---	---
30	120	10	---	10	---	---	---	946	---
30	120	8 Al	---	8 Al	---	---	---	---	920
40	160	8	3/4	---	---	1228	---	---	---
40	160	8	1	---	1326	1276	1239	---	---
40	160	8	---	10	---	---	---	871	---
40	160	8 Al	---	8 Al	---	---	---	---	690
60	240	6	1	---	1197	1186	1131	---	---
60	240	6	---	10	---	---	---	676	---
60	240	4 Al	---	8 Al	---	---	---	---	657
100	400	3	1 1/4	---	1192	1176	1107	---	---
100	400	3	---	8	---	---	---	680	---
100	400	1 Al	---	6 Al	---	---	---	---	659
200	800	3/0	2	---	1157	1155	1077	---	---
200	800	3/0	---	6	---	---	---	598	---
200	800	250 Al	---	4 Al	---	---	---	---	578

(1) por la tabla 250-95.
Aplicable a tubos no metálicos.

* La tabla de llenado del NEC permite menor tamaño del tubo.
Nota: El Software no se limita a ejemplos anteriores.



The Association of Electrical and
Medical Imaging Equipment Manufacturers



Gracias *Preguntas?*

Gustavo Dominguez

NEMA Director For Latin America

guguez@prodigy.net.mx

Ricardo Vazquez

NEMA Mexico Manager

r_vquez@prodigy.net.mx

Gene Eckhart

gene.eckhart@nema.org

[www. http://steeltubeinstitute.org/steel-conduit/](http://steeltubeinstitute.org/steel-conduit/)

Este Software, informes de apoyo y otro material relacionado con esta presentación está disponible en el sitio web; www.steelconduit.org.