

**ERICO MEXICO**

**Presenta:**

**Nueva Especificación para Soldaduras Exotérmicas**

**Ing Ernesto Díaz Lozano Campos**

**Agosto 2016**

# AGENDA

- Conexión Exotérmica
- CFE DY700-26 (2015), NMX J697 (DT), IEEE 837 en México
- Diferencia entre edición 2002 y 2014
- Pruebas
- Comentarios Finales
- Preguntas

# Conexión Exotérmica

# Conexiones

---

## Exotérmicas vs Mecánicas:

- **Mecánicas = compresión, atornilladas, cuña => dependen de la presión física para mantener la conexión**
- **Soldadura Exotérmica = unión molecular**



# Estado de diferentes conectores después de 10 años instalados en las mismas condiciones de suelo

---



# Riesgos de perder la conexión a tierra

---



---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# Conexión Exotérmica

---

## Objetivo:

- Realizar conexiones eléctricas entre conductores mediante un proceso exotérmico.

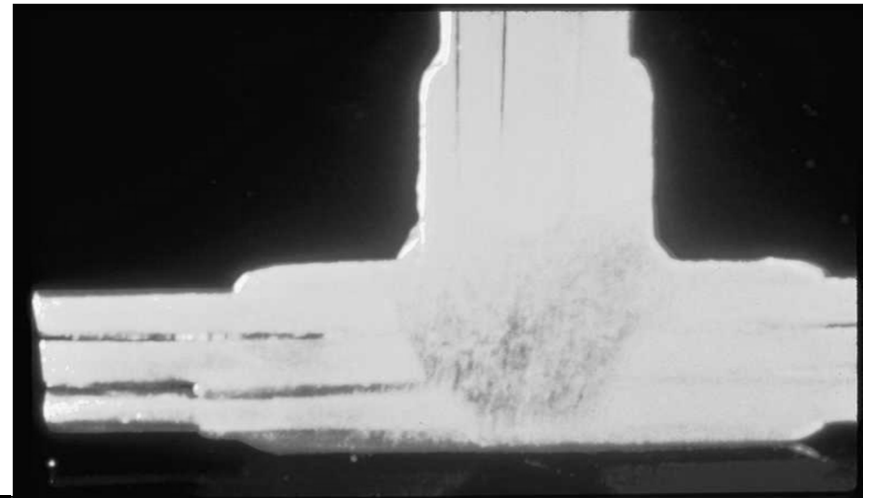


---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

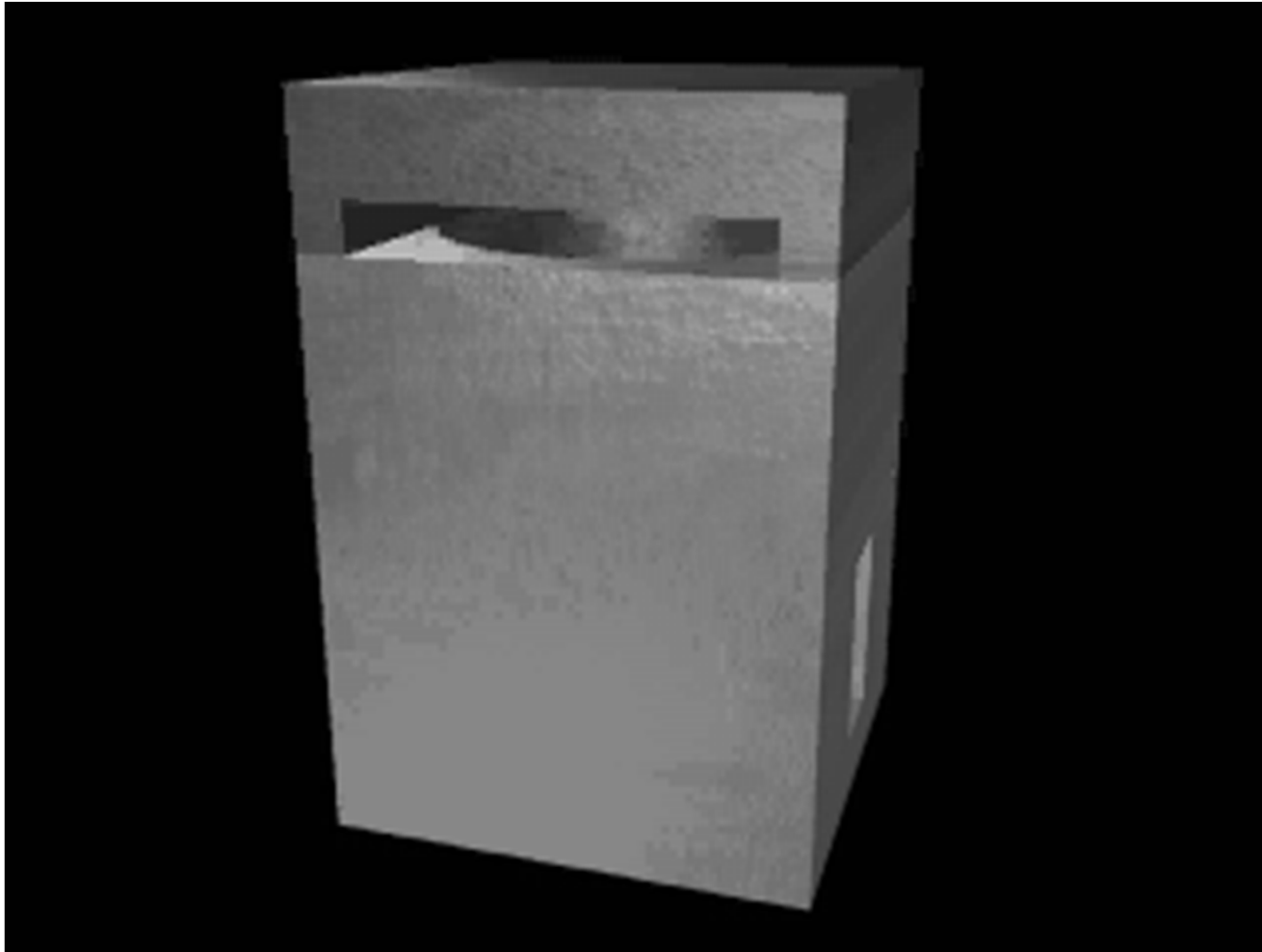
# SOLDADURA EXOTERMICA

- Exotermica: Reacción produciendo calor
  - $\text{Al} + \text{Óxido Cu} \rightarrow \text{Cobre} + \text{Óxido Al}$
  - Reacción Temperatura a  $2484^{\circ} \text{ C}$
  - Temperatura de ignición para la puesta en marcha del material a  $455^{\circ} \text{ C}$
  - Temperatura de Ignición de soldadura del material a  $955^{\circ} \text{ C}$
- Cobre a otros numerosos metales
  - Aceros; Acero Inoxidable;  
Pieza fundidas, Hierros  
Forjados; Latón; Bronce;  
Elementos Metálicos Calientes
  - Libre de Mantenimiento  
Unión Molecular



# Soldadura Exotermica

---

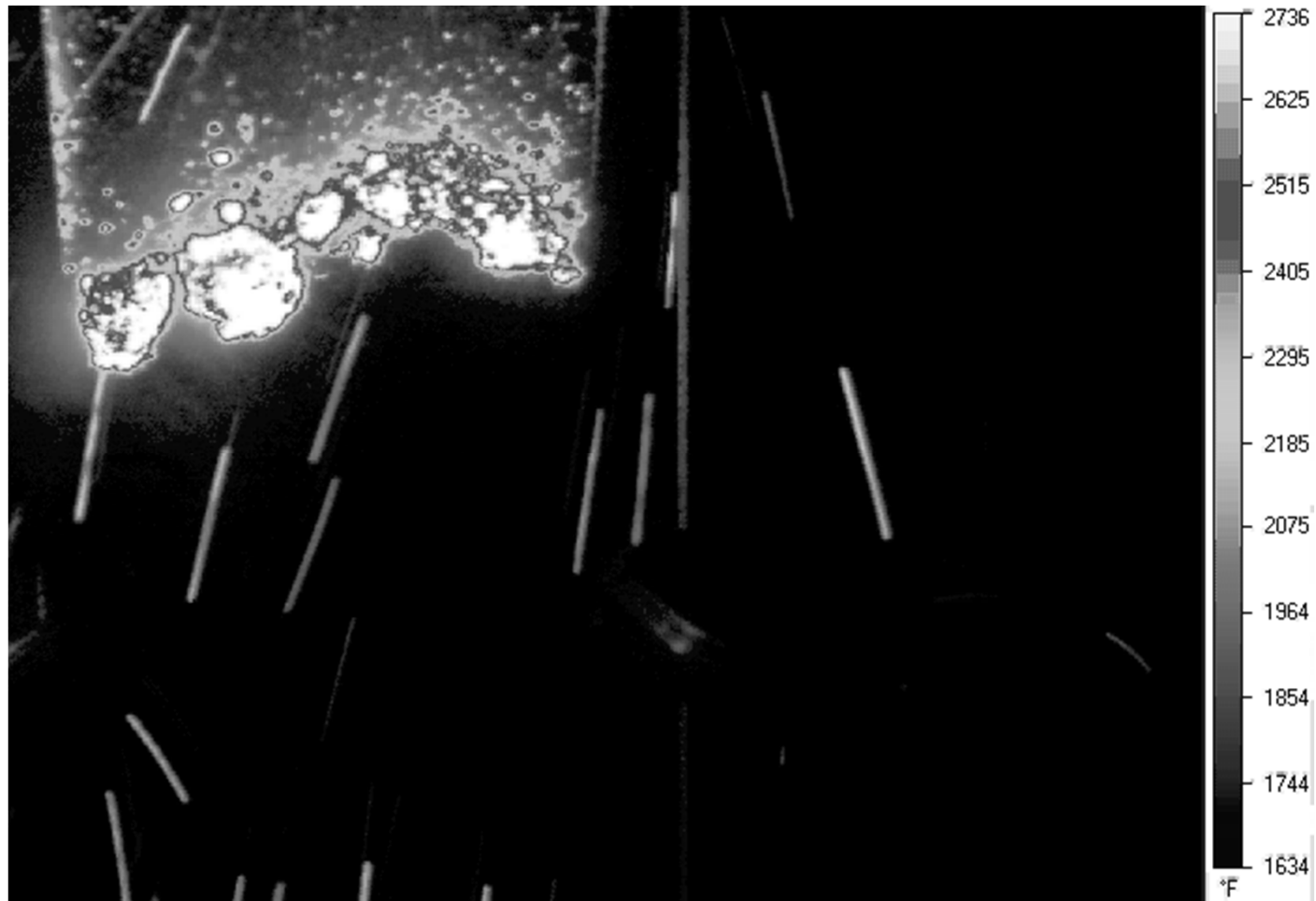


---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# Soldadura Exotermica

---



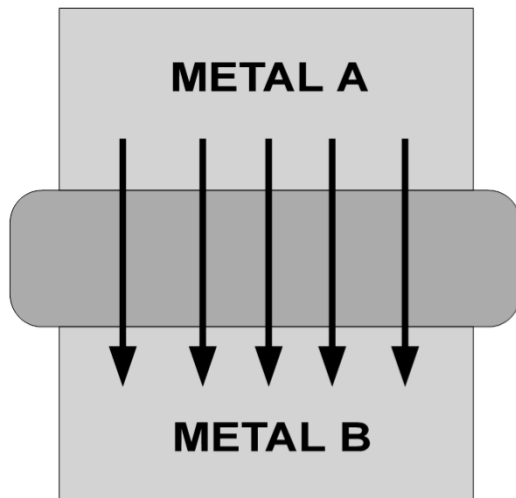
---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# Introducción

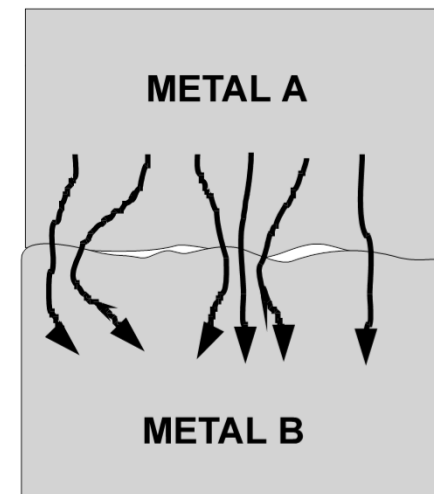
ERICO®

## Unión Molecular



No existe una  
Interfase  
Mecánica en  
una Unión  
Molecular

La Unión Molecular garantiza la  
conductividad a lo largo de toda la  
sección



Apparent  
contact  
surface  
Actual  
contact

# CONEXION EXOTERMICA

---



**Buena Conexión ?**



**SI**



# CONEXION EXOTERMICA

---



**Buena Conexión ?**



**NO**

# Soldaduras Exotermicas en México

# Especificaciones en México

---

➤ **CFE**  
DY700-26 (2015)



CONEXIONES DE SOLDADURA EXOTÉRMICA PARA  
SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA DE LÍNEAS,  
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS Y REDES  
SUBTERRÁNEAS DE DISTRIBUCIÓN Y  
TRANSMISIÓN

ESPECIFICACIÓN  
CFE DY700-26

➤ **ANCE**  
NMX-J-697 (en Proceso)



ABRIL 2015

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# IEEE Std 837™ 2014

---

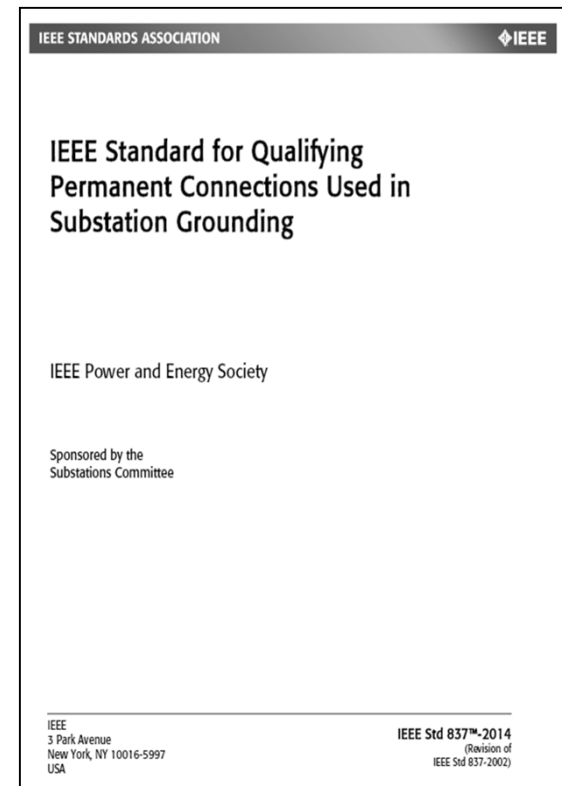
## IEEE Std 837™ 2014. Norma para la Evaluación de Conexiones Permanentes en Sistemas de Puesta a Tierra en Subestaciones

### Objetivo:

- Esta norma establece las especificaciones de **desempeño para las conexiones permanentes** que se utilizan en sistemas de puesta a tierra en subestaciones.

### Enfoque:

Estas conexiones se utilizan para unir de forma **permanente** los elementos que forman la red del sistema de puesta a tierra.



---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# CFE DY700-26 (2015), NMX J697, IEEE 837

---

## Propósito de la norma:

- ✓ **Conexión cumple los requerimientos de la norma**
- ✓ **Tiempo de servicio**
- ✓ **Cumplimiento con Normas de Líneas de Transmisión**
- ✓ **Pruebas en base a fallas reales**
  - \* La norma IEEE 837 (2014)<sup>TM</sup> es la más completa y riguroza en pruebas a conectores para sistemas de puesta a tierra en el mundo!

---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# OTRAS NORMAS RELEVANTES

---

- **ANSI/IEEE Std 80-2000**
- **IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding**
- **Green Book (Std. 142): Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems**
- **Emerald Book (Std 1100): Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment**

# Diferencias entre IEEE 837 Edición 2002 y Edición 2014

# Diferencias ediciones 2002 y 2014

	Edición 2002	Edición 2014
<b>Prueba de Fuerza Electromagnética</b>	Criterio de aceptación: Valor de Resistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se <b>elimina</b> el criterio de aceptación de Resistencia</li> <li>- Criterio de aceptación: No exista un <b>desplazamiento del conductor máximo de 10mm</b></li> </ul>
<b>Prueba de Corriente</b>	Se utiliza un valor de corriente aproximado al 20% de fusión del conductor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se utiliza un valor de corriente aproximado al <b>90%</b> de fusión del conductor</li> <li>- Este nuevo valor equivale a <b>2.4 veces más</b> el esfuerzo mecánico que en la edición anterior</li> </ul>
<b>Materiales</b>	No se realizaban pruebas en los diferentes materiales en los que el conector se utiliza	Se realizaban pruebas en los <b>diferentes materiales</b> en los que el conector se utiliza (cobre, acero con recubrimiento de cobre, etc)



# Pruebas de IEEE 837 – 2014 en ERICO CADWELD

# IEEE Std 837™ 2014

	Prueba	Párrafo	Número de especímenes por prueba <sup>1)</sup>
➔	Pruebas mecánicas		
	Prueba de fuerza	7.2	4
	Prueba electromagnética		
➔	Grupo de pruebas secuenciales		
	Pruebas de ciclos de corriente	8.1 a 8.7	4 Para secuencia de pruebas de niebla salina
	Acondicionamiento en frío	9.1 a 9.5	
	Corrosión - niebla salina, ácido	10.1 a 10.3	4 Para secuencia de la prueba de ácido
	Corriente de falla	11.1 a 11.8	
<sup>1)</sup> Número de especímenes de conexiones por cada diseño de conexión y combinación de conductores que se evalúan.			

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# Prueba FEM

# CFE DY700-26 (2015), NMX J697,IEEE 837

---

## Prueba Mecánica “Prueba de Fuerza Electromagnética (FEM)”

### ➤ Objetivo:

Determinar si la conexión puede dañarse por esfuerzos electromagnéticos durante una falla.

### ➤ Debe realizarse a:

- Conexiones dentro de la red de tierras
- Unión de terminales de tierra a puntos rígidos
- Terminales de tierra con equipos y estructuras

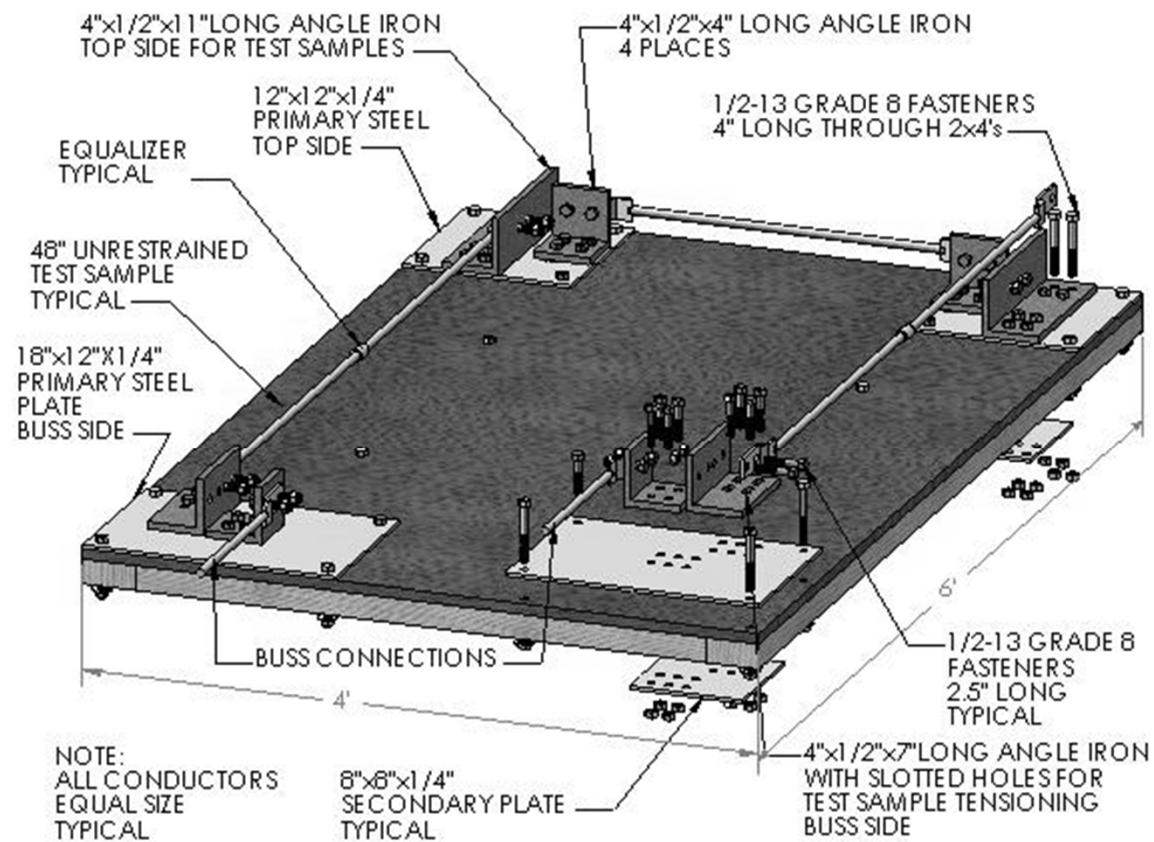
### ➤ Especímenes:

Cuatro (4) de cada combinación de conductor y conexión

---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# Actualización IEEE Std 837



# Actualización IEEE Std 837

---

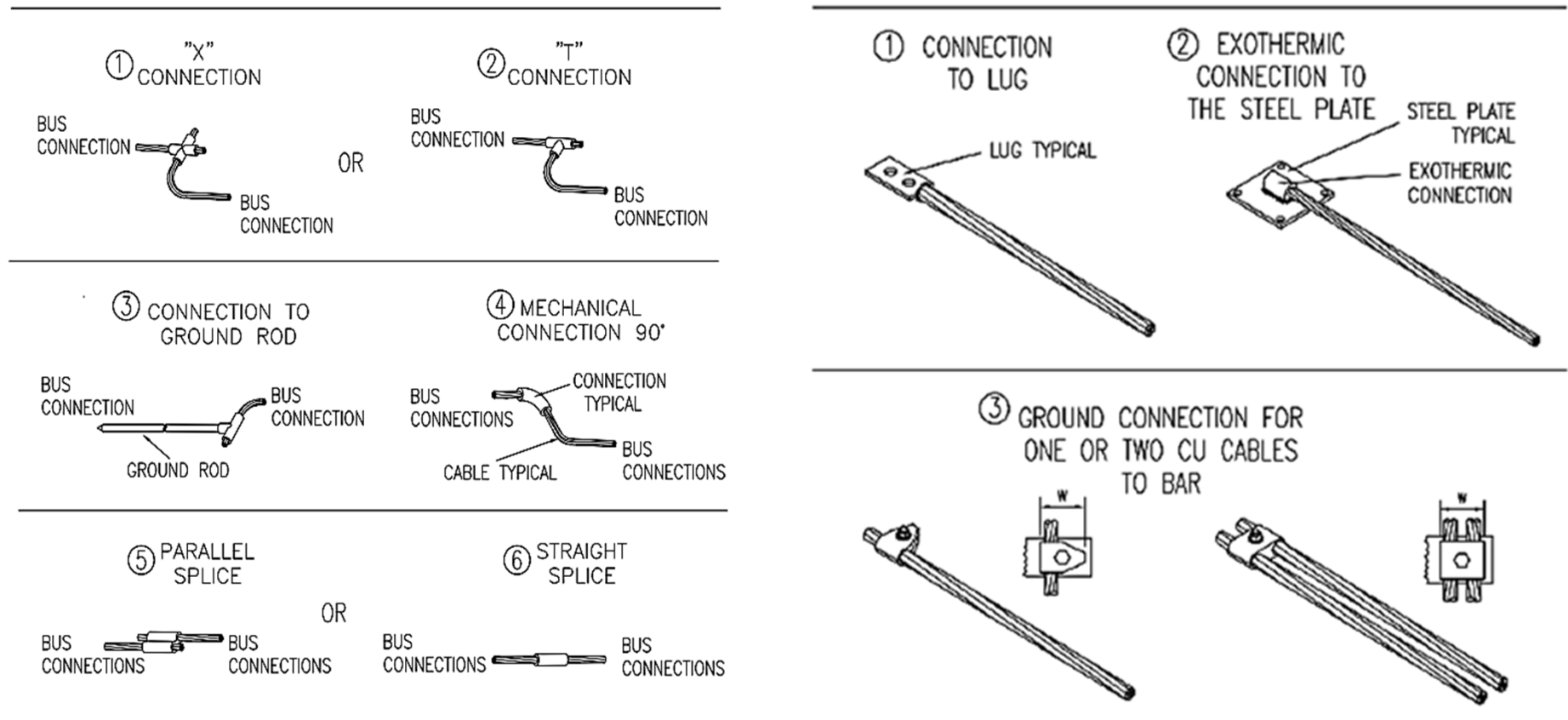
-383,33 ms ● Frame: 1  
2/0 P, VSC2G 101.7/37.7, Shot 1



# CFE DY700-26 (2015), NMX J697, IEEE 837

## Prueba Mecánica “Prueba de Fuerza Electromagnética (FEM)”

### ➤ Configuración de las conexiones:



IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# CFE DY700-26 (2015), NMX J697,IEEE 837

## Prueba Mecánica “Prueba de Fuerza Electromagnética (FEM)”

### ➤ Duración:

La prueba debe de realizarse con una corriente asimétrica, la duración de la corriente debe de ser mínimo de 15 ciclos.

**Ejemplo para un conductor 4/0 AWG:**

Requisitos de la corriente de prueba de la fuerza electromagnética

Tamaño del conductor		Corriente de prueba kA	ciclos	Valores del pico del ciclo positivo														
Mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil o tamaño comercial			kA														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Conductor de cobre duro <sup>b)</sup>																		
107,2	4/0	47	15	126	115	106	98	92	87	83	80	78	75	74	72	71	71	70

**El número de impulsos en la prueba FEM deben de ser de 2 impulsos.**

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.



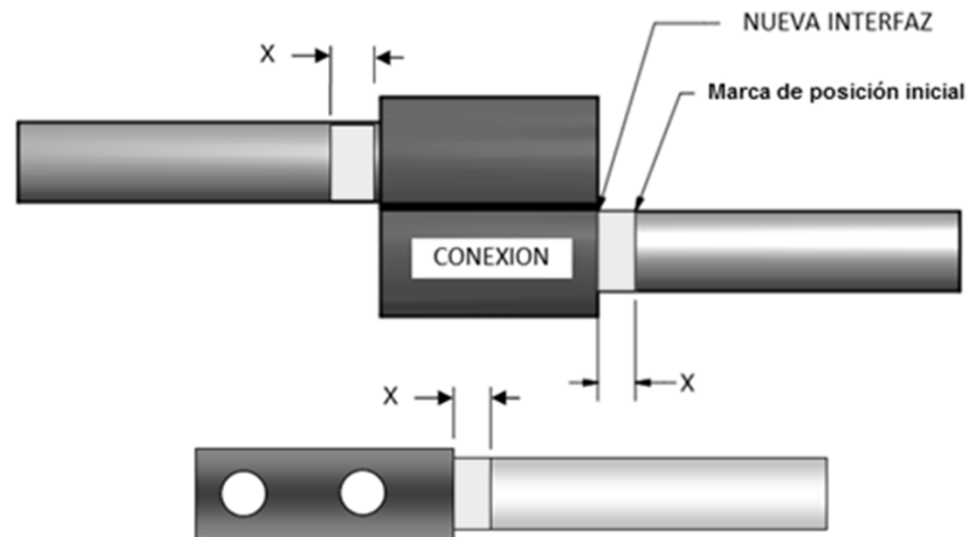
# CFE DY700-26 (2015), NMX J697, IEEE 837

---

## Prueba Mécanica “Prueba de Fuerza Electromagnética (FEM)”

### ➤ Criterio de Aceptación

Él movimiento máximo permisible es de 10mm entre el conductor y el conector



---

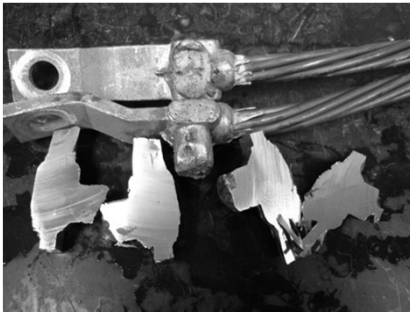
IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# IEEE Std 837™ 2014

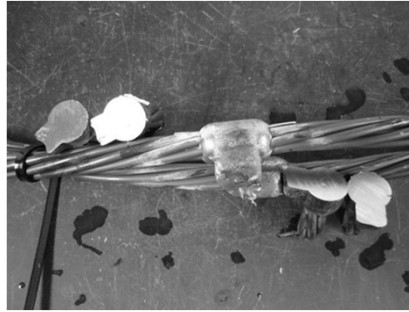
---

## Prueba Mécanica “Prueba de Fuerza Electromagnética (FEM)”

ERICO® CADWELD® realizó pruebas FEM a las siguientes conexiones, tanto para cable 4/0 AWG como para cable de acero con recubrimiento de cobre 19/#8 equivalente a un 4/0 AWG:



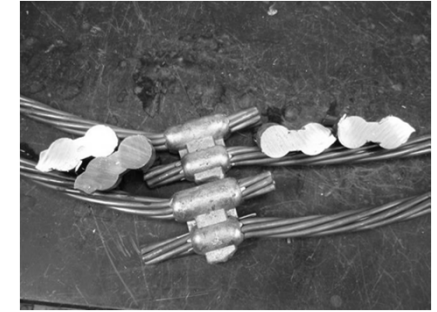
• Conexión “LA”



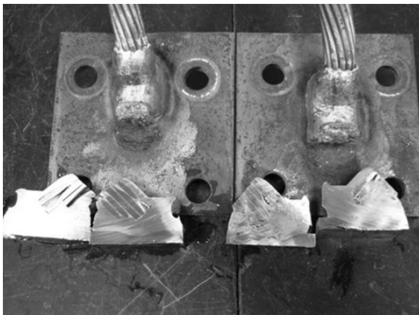
• Conexión “SS”



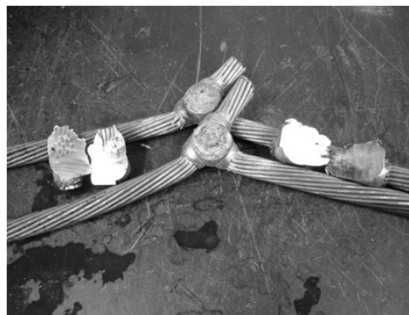
• Conexión “XB”



• Conexión “PT”



• Conexión “VS”



• Conexión “TA”

---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# IEEE 837 - Electro Magnetic Force (EMF)

---

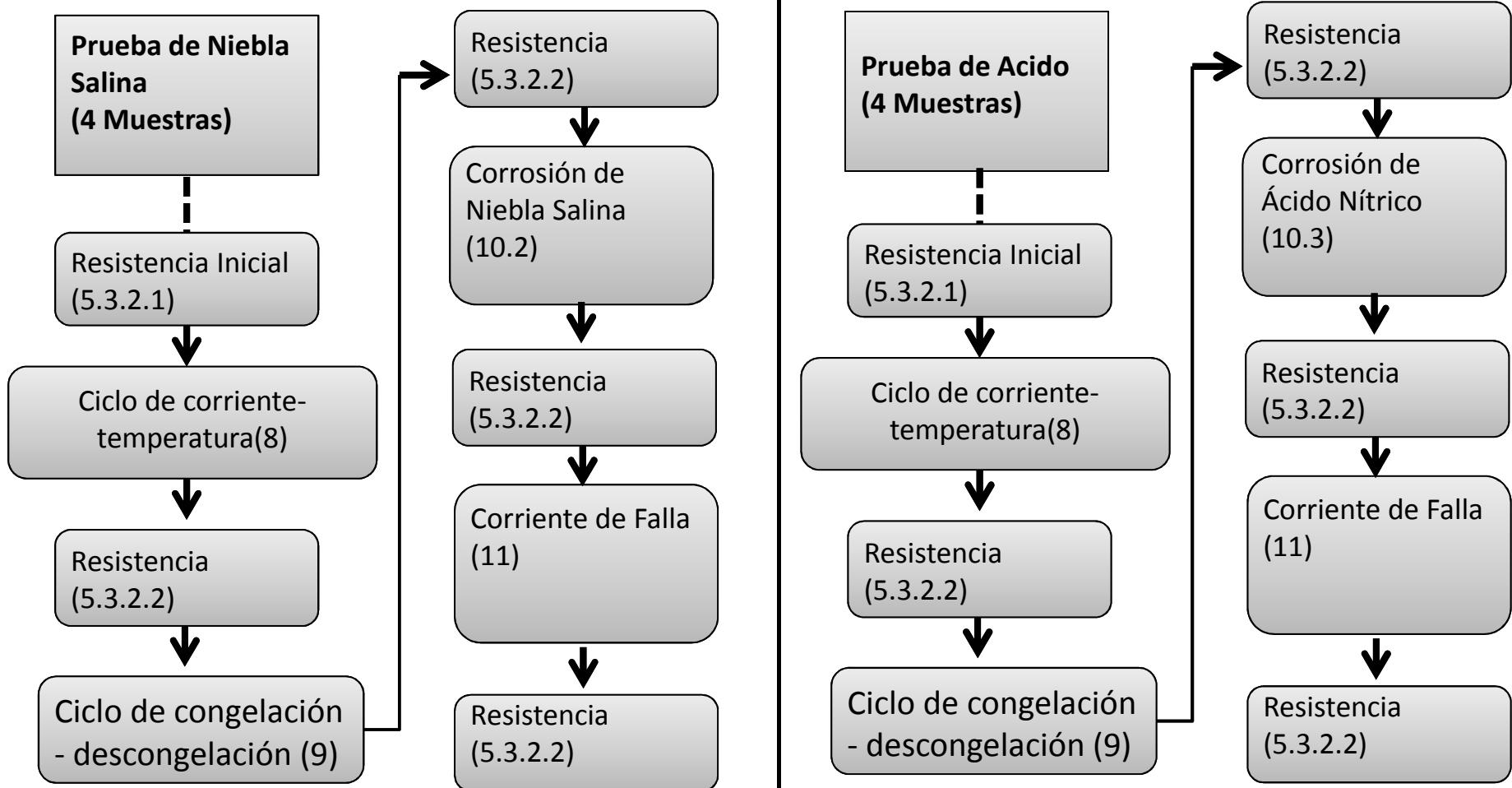


1. Test is intended to ensure the reliability of grounding systems against mechanical abuse and electromagnetic forces.
  2. The EMF test will be conducted for connections used within the grid system, to join ground leads to the grid system and for connections to rigid points used to join leads to equipment and structures.
  3. Four samples of the same design shall be tested.
  4. Test Current for the 4/0 copper conductor and the 19/#8 copper-clad conductor shall be 47kA with a positive peak value of 126kA on the first peak.
  5. Duration of 15 cycles.
  6. Test consists of two surges.
  7. Pass/fail criteria will be based on the movement of the conductor.
-

# Prueba Secuenciales

# CFE DY700-26 (2015), NMX J697, IEEE 837

## Pruebas Secuenciales



IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# CFE DY700-26 (2015), NMX J697,IEEE 837

---

## Pruebas Secuenciales

### Ciclos de corriente –Temperatura

**Determinar el cumplimiento con los criterios de resistencia de conexiones que se someten a cambios de temperatura que ocasionan los cambios de corriente.**

#### ➤ Procedimiento:

- **Elevar la temperatura de la conexión a una temperatura mínima de 350° C**
- **Se deben de someter las conexiones a 25 ciclos; cada ciclo tiene una duración de 1 hora**

#### ➤ Criterio de Aceptación:

**Los valores finales de resistencia deben ser tales que no excedan 1,5 veces los valores iniciales de cada espécimen evaluado.**

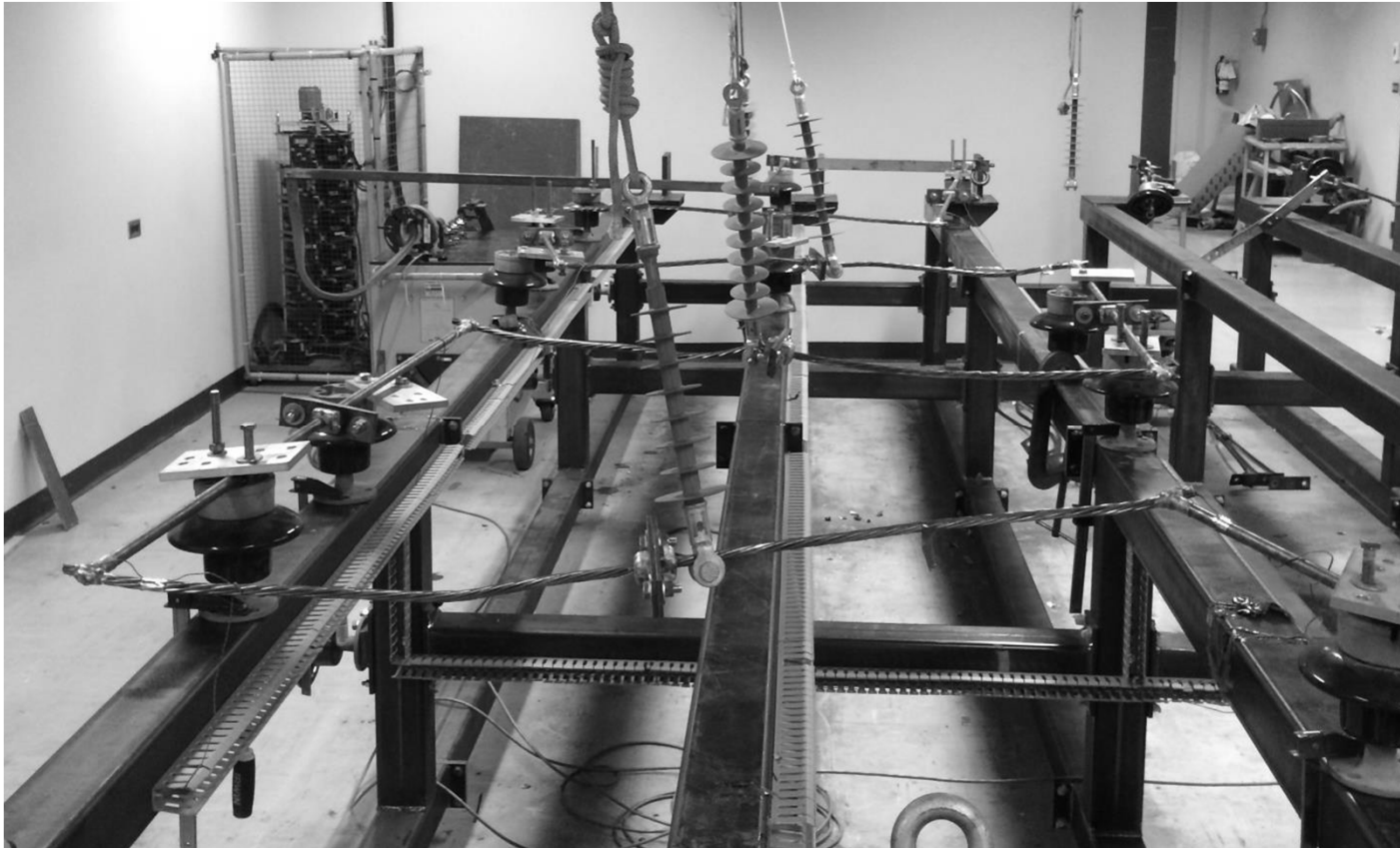
---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# IEEE Std 837™ 2014

---

## Pruebas Secuenciales Ciclos de corriente – Temperatura



---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# CFE DY700-26 (2015), NMX J697,IEEE 837

---

## Pruebas Secuenciales

### Prueba Congelación-Descongelación

Esta prueba tiene por objeto garantizar la conformidad con los criterios de resistencia de las conexiones que se someten a ciclos repetidos de congelación y descongelación en agua.

#### ➤ Procedimiento:

- Reducción de temperatura a  $-10^{\circ}\text{C}$  y elevación a  $20^{\circ}\text{C}$
- Se deben de someter las conexiones a 10 ciclos; cada ciclo tiene una duración de 2 horas

#### ➤ Criterio de Aceptación:

Los valores finales de resistencia deben ser tales que no excedan 1,5 veces los valores iniciales de cada espécimen evaluado.

---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.



# IEEE Std 837™ 2014

---

## Pruebas Secuenciales

### Prueba Congelación-Descongelación



---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# CFE DY700-26 (2015), NMX J697,IEEE 837

---

## Pruebas Secuenciales

### Pruebas de Corrosión

**Evaluar la resistencia a la corrosión de las conexiones.**

### Prueba de Niebla Salina

**Este método de prueba trata sobre el procedimiento para la determinación de los efectos corrosivos de la niebla salina (cloruro de sodio) en las conexiones.**

#### ➤ Procedimiento:

- **Debe de llevarse a cabo durante un periodo de 500 horas**

#### ➤ Criterio de Aceptación:

**Los valores finales de resistencia deben ser tales que no excedan 1,5 veces los valores iniciales de cada espécimen evaluado.**

---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# IEEE Std 837™ 2014

---

## Pruebas Secuenciales Prueba de Niebla Salina



---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# CFE DY700-26 (2015), NMX J697,IEEE 837

---

## Pruebas Secuenciales

### Prueba de Ácido

**Este método determina los efectos de corrosión provocados por el ataque de ácido (ácido nítrico) en las conexiones.**

#### ➤ Procedimiento:

- **El conductor y los especímenes de prueba hasta los anillos equipotenciales se sumergen en la solución de ácido.**
- **Unión simple de conductores se sumergen en la solución de ácido durante un tiempo determinado tal que reduzca el cable de control al 80 % de su área de sección transversal original.**

#### ➤ Criterio de Aceptación:

**Los valores finales de resistencia deben ser tales que no excedan 1,5 veces los valores iniciales de cada espécimen evaluado.**

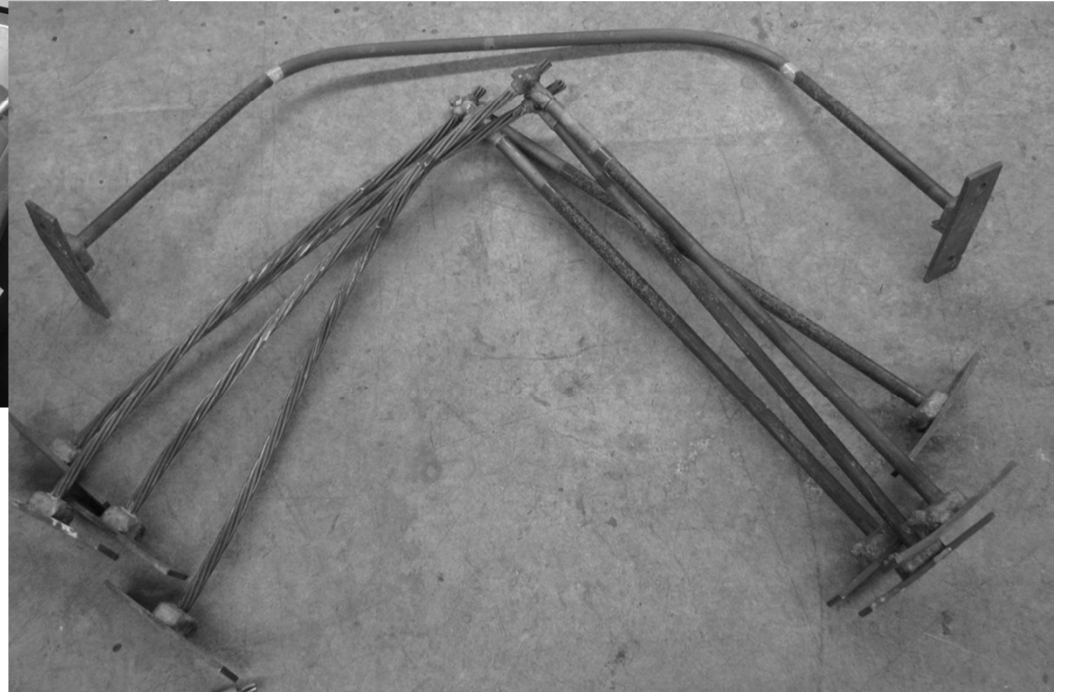
---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# IEEE Std 837™ 2014

---

## Pruebas Secuenciales Prueba de Ácido



---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# CFE DY700-26 (2015), NMX J697,IEEE 837

---

## Pruebas Secuenciales

### Prueba de Corriente de Falla

**El propósito de esta prueba es determinar si las conexiones que se acondicionan previamente soportan impulsos de corriente de falla.**

#### ➤ Procedimiento:

- **La corriente de falla debe ser del 90 % de la corriente de fusión para un tiempo de 10 s de duración.**
- **La prueba debe consistir de tres sobrecargas. Repetir cada sobrecarga después de que el conductor se enfríe a 100 ° C o menos.**

#### ➤ Criterio de Aceptación:

**Los valores finales de resistencia deben ser tales que no excedan 1,5 veces los valores iniciales de cada espécimen evaluado.**

---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

# IEEE Std 837™ 2014

---

## Pruebas Secuenciales

### Prueba de Corriente de Falla



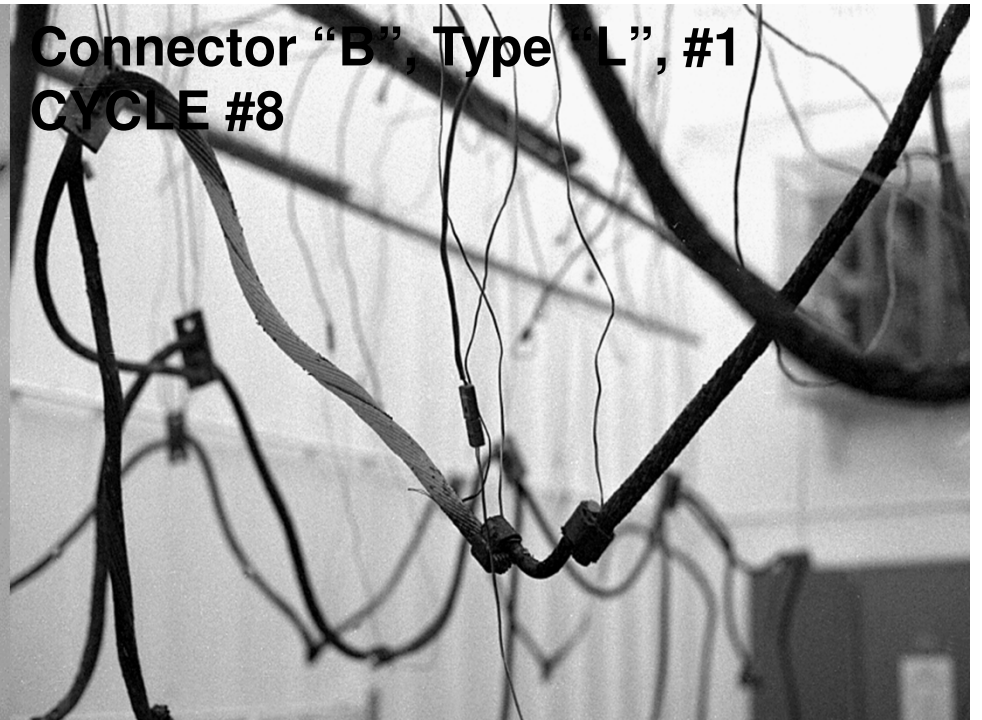
---

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

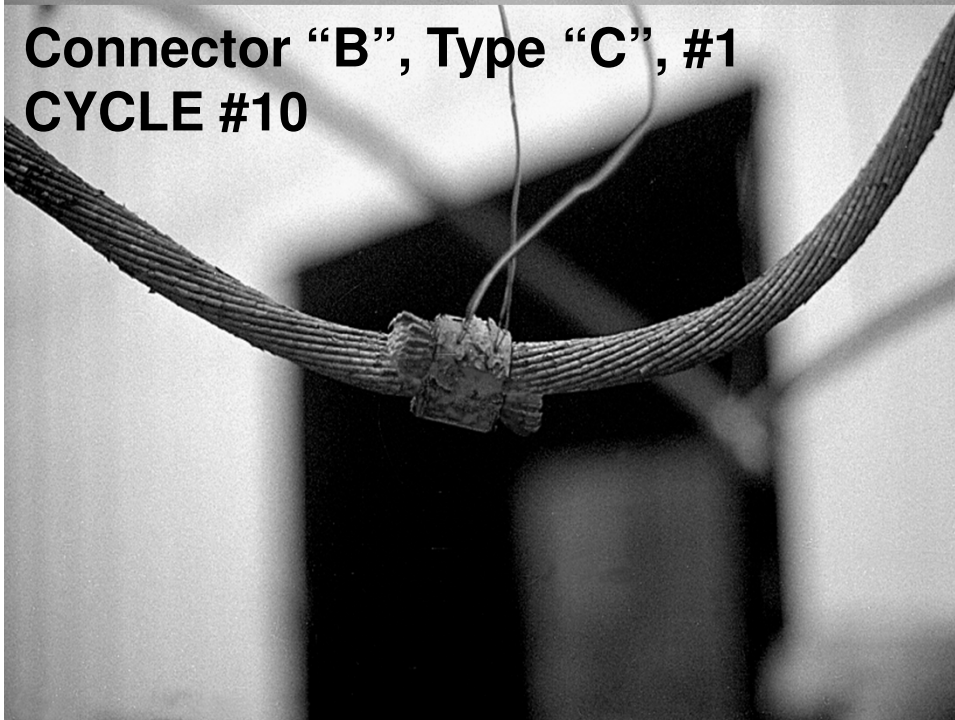
**Connector "A", #2  
CYCLE #4**



**Connector "B", Type "L", #1  
CYCLE #8**



**Connector "B", Type "C", #1  
CYCLE #10**



**CADWELD TAC2V2V, #2  
CYCLE #57**





# IEEE Std 837™ 2014

## Resultados

ERICO® CADWELD® aprobó satisfactoriamente las pruebas realizadas de acuerdo a la norma IEEE 837-2014



**PENTAIR**

**ERICO CADWELD PERMANENT GROUNDING CONNECTIONS MEET THE REQUIREMENTS OF IEEE STD. 837-2014**

ERICO CADWELD exothermically welded connections used in substation grounding have passed the extremely severe EMF and Sequential Current Cycling, Freeze-Thaw, Corrosion Salt, and Corrosion Acid Fault current requirements of IEEE Standard 837-2014.

All required connections were wholly tested and certified by an independent laboratory.

ERICO CADWELD exothermically welded connections continue to prove their place as the superior electrical connection for substation and other grounding applications.

For more information on ERICO CADWELD and our other Facility Electrical Protection products, visit [erico.pentair.com](http://erico.pentair.com)

Powertech Labs Inc. • 12388 • 88th Avenue, Surrey, B.C. Canada • V3W 7K7

### Report on Performance № PL-26207-2

<b>Client:</b>	Pentair - 34600 Solon Road Solon, Ohio, 44139, USA
<b>Project No.:</b>	• PL-26132 (Nov. 2014): 4/0 equivalent copper clad steel cable testing 19#8 40% copper testing • PL-26207 (Jul. 2015): 4/0 copper cable testing • PL-01035 (Aug. – Nov. 2015): Sequential testing
<b>Tested Devices:</b>	13 designs of permanent connections used in substation grounding 1. 4/0 copper cable: LAC2QEE, VSC2Q, SSC2Q, PTC2Q2Q, HDPTC2Q2Q, XBMEQ2Q 2. 3/4 inch copper bonded steel ground rod connected with 4/0 copper cable: GTC182Q 3. 4/0 equivalent copper clad steel cable 19#8 40% copper: LAC9GEE, VSC9G, PTC9G9G, XBQ9G9G, TAC9G9G 4. 3/4 inch copper bonded steel ground rod with 4/0 equivalent copper clad steel cable: GTC189G
<b>Results:</b>	1. The 13 connection designs passed the Electromagnetic Force (EMF) tests performed in accordance with IEEE Standard 837-2014, Section 7 • 4/0 copper cable and 4/0 equivalent copper clad steel cable 19#8 40% copper at: 47 kArms, 126 kApeak for 250 ms • 3/4 inch copper bonded steel ground rod at: 31 kArms, 83 kApeak for 250 ms 2. Designs PTC2Q2Q and GTC182Q were also subjected to sequential tests and passed the following tests: • Current-temperature cycling per IEEE Standard 837-2014, Section 8 • Freeze-thaw test per IEEE Standard 837-2014, Section 9 • Corrosion- salt spray test per IEEE Standard 837-2014, Section 10.2 • Corrosion- acid test per IEEE Standard 837-2014, Section 10.3 • Fault current test per IEEE Standard 837-2014, Section 11
<b>Test Witnesses:</b>	Mr. Mike Rabinovich Pentair Mr. Martin Havelka Pentair Mr. Ryan Bucio Pentair
<b>Remarks:</b>	• The tested samples were identified by the client.

Prepared by:

*Kamran Tabarraee*  
Kamran Tabarraee, M.A.Sc., P. Eng.  
Project Leader, T&D Services

Reviewed by:

*Logan Connaughton*  
Logan Connaughton, P.Eng.  
Manager, High Power Lab

This report shall not be reproduced except in full, without the written approval of Powertech Labs Inc.

IEEE is a registered trademark of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.