

Seguridad Eléctrica en Alto Voltaje

Basado en la norma OSHA 29 CFR 1910.269

**Presentado por:
Ing. Juan Icaza C.**



Términos y Definiciones



Términos y Definiciones

- **Aceptable**

- Registrado, aprobado o certificado
- Aprobado por un laboratorio de pruebas reconocido
Diseñado y Fabricado para cumplir con los
requerimientos específicos del cliente

- **Aprobado**

- Aceptable a la autoridad competente



Términos y Definiciones

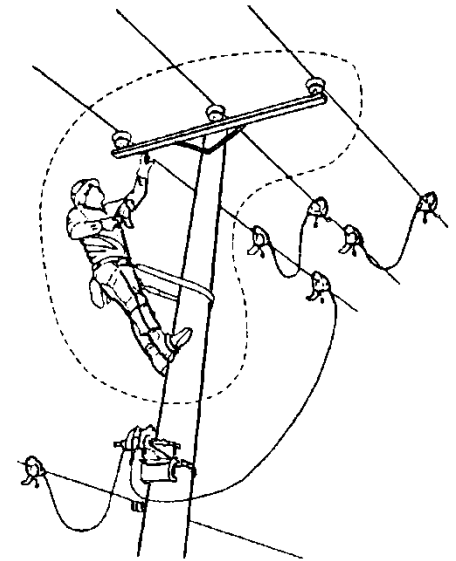
- **Eficazmente Aterrizado**
 - Intencionalmente conectado a tierra a través de una conexión de tierra
 - Conexiones con suficiente baja impedancia
 - Con suficiente capacidad de llevar corriente



Términos y Definiciones

- **Aterrizado Equipotencial**
 - La colocación de aterrizados para protección personal y así crear una zona equipotencial.
 - Esta zona protege a los trabajadores de choques eléctricos potenciales.

Nota: Se crea una zona donde cualquier cosa que puede tocar el trabajador, esta a igual potencial eléctrico.



Términos y Definiciones

Persona Calificada. Aquella que está familiarizada con:

- **La construcción**
- **La operación**
- **Los peligros**



Términos y Definiciones

- Tiene que estar entrenada y familiarizada con:
 - **Habilidades para reconocer partes energizadas**
 - **Habilidades para determinar el voltaje**
 - **Distancias de despeje para las partes energizadas**
 - **Técnicas especiales de precaución**
 - **Equipo de protección personal**
 - **Equipo de Aislación y contra impactos**
 - **Herramientas aisladas y equipos de prueba.**



Términos y Definiciones

- **Trabajo en la Cercanía**
 - Suficientemente cerca a las partes energizadas expuestas como para estar expuesto a los peligros que estas representan
- **Trabajo en directo**
 - Trabajo realizado en partes energizadas expuestas, en contacto directo o indirecto

Peligros de la Electricidad



Choque Eléctrico

☞ Choque causado por un diferencial de voltaje a través del cuerpo

☞ La cantidad de corriente que fluirá depende de varios factores:

- Tipo de circuito
- Voltaje
- Resistencia del cuerpo
- Amperaje
- Camino a través del cuerpo
- Duración del contacto



Choque Eléctrico

- **El choque puede causar los siguientes efectos:**
 - **Fibrilación Ventricular**
 - Corrientes tan bajas como 60 miliamperios interrumpen los latidos del corazón
 - Voltajes tan bajos como 50-volts y una baja resistencia dérmica pueden causar fibrilación

Choque Eléctrico

- **El choque puede causar los siguientes efectos (cont.):**
 - **Daño en los tejidos**
 - **La corriente al pasar a través del cuerpo puede causar daños a:**
 - ✎ **Tejidos**
 - ✎ **Músculos**
 - ✎ **Nervios**
 - ✎ **Vasos capilares**
 - ✎ **Corazón**
 - ✎ **Hígado**
 - ✎ **Pulmones**
 - ✎ **Riñones**
 - ✎ **Cualquier cosa por donde pase**

Rango y efecto de la corriente

Corriente	Efecto
1 mA	Ligeramente perceptible
1-3 mA	Límite de Percepción (mayormente)
3-9 mA	Sensación dolorosa
9-25 mA	Contracción muscular
25-60 mA	Parálisis respiratoria (pudiera ser fatal)
60 mA o mas	Fibrilación Ventricular (probablemente fatal)
4 A o mas	Parálisis cardiaca (posible reestablecer por RCP)
5 A o mas	Quemadura de tejido (fatal de ser órganos vitales)

Choque Eléctrico

- Las quemaduras generalmente:
 - Destruyen los vasos sanguíneos
 - Destruyen el sistema nervioso
 - Degenera en gangrena



Variaciones en la Resistencia de la Piel

Corriente	Húmeda	Seca
El toque de un dedo	4-15k	40k-1M
Mano asiendo un cable	3-6k	15-50k
Agarre de pulgar y dedo	2-5k	10-30k
Mano asiendo un taladro	0.5-1.5k	1-3k
Mano inmersa	200-750	-----
Pie inmerso	100-300	-----

Choque Eléctrico

- **La resistencia del cuerpo es un factor relevante**
- **Estar de pie sobre concreto puede ser peligroso debido a:**
 - **El concreto está bien aterrizado**
 - **El concreto es considerado por OSHA y NEC como superficie a tierra**



Valores de resistencia del concreto

(basados en áreas iguales a 130 cm²)

Condición	Resistencia (Ohm's)
Concreto Seco suspendido	1-5M
Concreto Seco sobre tierra	200k-1M
Concreto Húmedo	1-5k

Arco Eléctrico

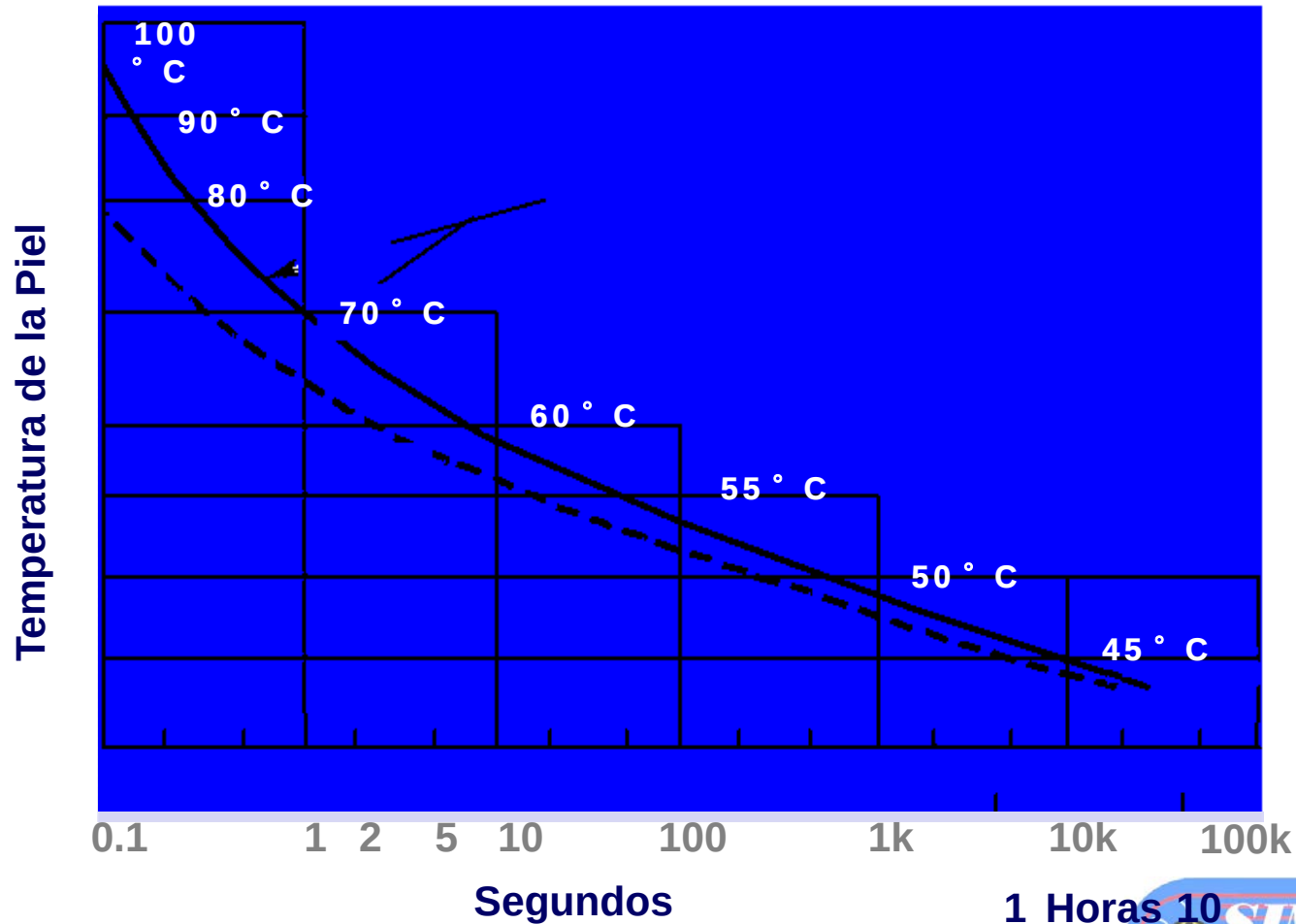
- **Casi el 50 % de los accidentes eléctricos graves involucran quemaduras por arco**
- **Solo personas entrenadas y con equipo protector contra arcos debe aproximarse a equipo eléctrico energizado**
- **Mantener a los espectadores alejados**
- **El arco puede ocasionar la muerte a distancias mayores de los 3 metros**
- **Temperaturas extremadamente altas**



Arco Eléctrico

- Igual a 4 veces la temperatura de la superficie del sol (aproximadamente $20,000^{\circ}\text{C}$)
- Vaporiza metales
- Enciende la ropa
- 95°C – La dermis no regenera (muerte celular)
- Causa explosión eléctrica

Tolerancia del tejido humano en Relación Tiempo-Temperatura



Tiempo de exposición de la Piel a esta temperatura

Trate el Arco como si manejara materiales radioactivos



- Barrera
- Distancia
- Disminuya el tiempo de Exposición
- Uso correcto de la protección contra fogonazo



Detonación Eléctrica

- **El cobre vaporizado en un arco eléctrico se expande 67,000 veces**
- **La expansión se traduce en una explosión de:**
 - **Metal Fundido**
 - **Fragmentos de metal**
 - **Altas temperaturas**
 - **Presión en el cuerpo**





INTERNATIONAL



Normas de Seguridad Eléctrica



Normas y Regulaciones Eléctricas

- **29 CFR 1910, Subparte R – Industrias Especiales**
 - **1910.269 - Generación, Transmisión, y Distribución Eléctrica**
- **29 CFR 1910, Subparte I – Equipo de Protección Personal**
 - **1910.137 – Equipo de Protección Eléctrica**



Generalidades sobre las Regulaciones y las Normas

- **1910.137 “Equipo de Protección Eléctrica”**
 - Cuidado y uso del EPP eléctrico
- **1910 Subparte I “Equipo de Protección Personal”**
 - 1910.132 “Requisitos generales”
 - 1910.133 “Protección de Ojos y Cara”
 - 1910.134 “Protección Respiratoria”
 - 1910.135 “Protección de la Cabeza”
 - 1910.136 “Protección de los Pies”
 - 1910.138 “Protección de las manos”



Clasificación básica de los cascos

Por impacto:

- Tipo I. Protección de impacto desde arriba
- Tipo II. Protección de impacto desde arriba y lateral



Por capacidad de aislamiento eléctrico

- Clase E. Alto voltaje (prueba 3 minutos-20 000 V luego a 30 000 V)
- Clase G. bajo voltaje (prueba 1 minuto-2200 V)
- Clase C. Conductivo

NORMA ASTM F2413-05

OSHA Reemplazó la ANSI Z 41*
con la ASTM F2413-05 busque en la
etiqueta del calzado una
información similar a la siguiente:

- o ASTM F2413-05
- o M I/75/C/75/Mt75
- o EH, DI, Cd, SD

* Efectivo a partir del 9 de Octubre de 2009



Marcado en calzado de seguridad

Protección de los pies para alto voltaje, conocido como calzado dieléctrico debe tener las siguientes características:

- **Cumplir con ASTM F1117-03 (2008).**
- **Probado a 20 kV (mojado)**
- **Solo como protección secundaria**



1910.138 “Protección de las manos”



Herramientas Aisladas y productos de caucho



Equipo de Protección Personal



Medidas de Protección

- **Medidas generales para proteger a los empleados**
 - **Aislamiento y resguardo**
 - **El aislamiento provee de una barrera al flujo de la corriente eléctrica.**
 - **El aislamiento tiene que ser:**
 - **El clasificado para el voltaje**
 - **Limpio y seco**



Medidas de Protección

- **Los empleados tiene que usar prácticas seguras de trabajo**
 - Incluye mantenerse a la distancia prescrita de las líneas energizadas
 - Evitar el uso de equipo eléctrico mientras estén húmedos
 - El bloqueo y tarjeteo del equipo cuando se desenergiza para darle mantenimiento
- **Los empleados tienen que usar dispositivos de protección eléctrica tales como guantes de caucho y herramientas aisladas**

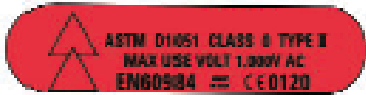
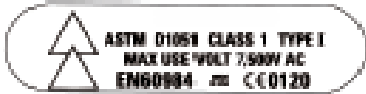
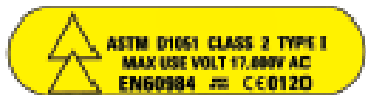
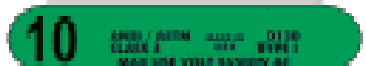
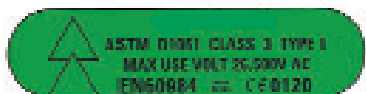
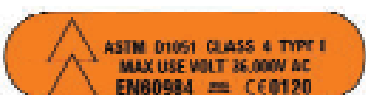


Letreros y tarjetas de seguridad



Clasificación de Voltaje para Equipos Protectores de Caucho



Clase Color	Tensión de Ensayo CA / CC	Tensión Máx. de Servicio CA / CC*	Etiqueta Productos de Caucho Moldeado	Rótulos de Guante	Rótulos Bajorelieve Mangas de Caucho
00 Beige	2500 / 10.000	500 / 750*			
0 Rojo	5000 / 20.000	1000 / 1500*			
1 Blanco	10.000 / 40.000	7500 / 11.250*			
2 Amarillo	20.000 / 50.000	17.000 / 25.500*			
3 Verde	30.000 / 60.000	26.500 / 39.750*			
4 Naranja	40.000 / 70.000	36.000 / 54.000*			
*La tensión máxima de servicio en CC no consta en ninguna especificación ASTM, sólo es válida en relación a la norma IEC 903.					

Protección de los guantes de aislación

Actualmente se permite el uso de guantes de protección de cuero para proteger el guante de caucho.

- Ventaja- alta resistencia a la abrasión
- Desventaja- ATPV no determinado por norma.

Hoy en día, la industria a desarrollado guantes con clasificación y probado valor ad ATPV



Inspección y Pruebas

- Los siguientes son requisitos específicos aplicables al equipo de aislamiento de caucho:
 - Voltaje máximo de uso
 - inspeccionar por daños antes de usar cada día
 - A los guantes se les debe hacer el examen de aire



Inspección y Pruebas

No se podrá utilizar aquellos equipos de aislamiento que presente los siguientes defectos:

- **Hoyos, rasgaduras, perforaciones, cortes;**
- **Cortes o agrietamiento por ozono**
- **Objetos extraños incrustados**



Inspección y Pruebas

- **Cambios de Textura**
 - **Dilatación del material**
 - **reblandecimiento**
 - **Endurecimiento**
 - **pegajoso**
 - **Pérdida de elasticidad**
- **Cualquier otro defecto**



Inspección y Pruebas

Inspección de los guantes de acuerdo a ASTM F 496 para guantes en uso:

- Llenar el guante con aire, manualmente o con inflador
- Verificar por fugas de aire
- Repetir el proceso con la superficie interna hacia afuera



Otros Equipos Protectores

- **Protección de cabeza no conductora**
 - ANSI Z89.1
- **Protección de ojos y cara**
 - Esta debe estar tratada de manera que bloquee los UV para evitar quemaduras por radiación
- **Estaciones de lavado de ojos y cuerpo**
 - Para materiales corrosivos
 - Requisitos de OSHA 29 CFR 1910.151



Este conjunto da una protección de 10 cal/cm^2 ATPV con protector de barbilla, 8 cal/cm^2 ATPV sin protector de barbilla.

Fuente: <http://www.northernsafety.com/Product/115-27956/Salisbury-Pro-Air-Dielectric-Hard-Hat-System>



Herramientas para líneas vivas (OSHA 29 CFR 1910.269(j)(2))

- **Cumplir con los requisitos de ASTM F711**
- **Condiciones de las herramientas**
 - Limpiar e inspeccionar a diario
 - Si están dañadas, remover para reparar y probar
 - Si se usa como protección primaria, remueva cada 2 años de servicio para pruebas ó pruebe si está dañada
- **Procedimientos de pruebas y de reparación**



Inspección de herramientas para líneas vivas



Típica pértiga usada que no pasará la prueba húmeda de OSHA aún tratándola con cera o silicón. Requiere reacondicionamiento para re establecer la superficie brillante y que pase la prueba húmeda



Pértiga usada que no pasará la prueba húmeda de OSHA aún con reacondicionamiento. Debe ser sacada de servicio



Pértiga usada en buenas condiciones. Frotada con cera o silicona, pasará la prueba de OSHA y adecuada para poner en servicio

Equipo de Protección Contra Arcos

- **Ropa protectora**
 - Entrenar a los empleados en los peligros de las flamas y los arcos eléctricos
 - No llevar puesta ropa que incremente el daño
 - prohibido usar rayon, nylon, polyester, acetato ó mezclas.



Protección HRC 4
según NFPA 70E .
44 cal/cm2

Ing. Mecánica

Equipo de Protección Contra Arcos

- Mantas anti-Arco
 - Protege al operario en cámaras subterráneas, playas de maniobras.

Nota: Puede que no bloquee totalmente los arcos y llamaradas, pero reduce sus efectos explosivos e incendiarios

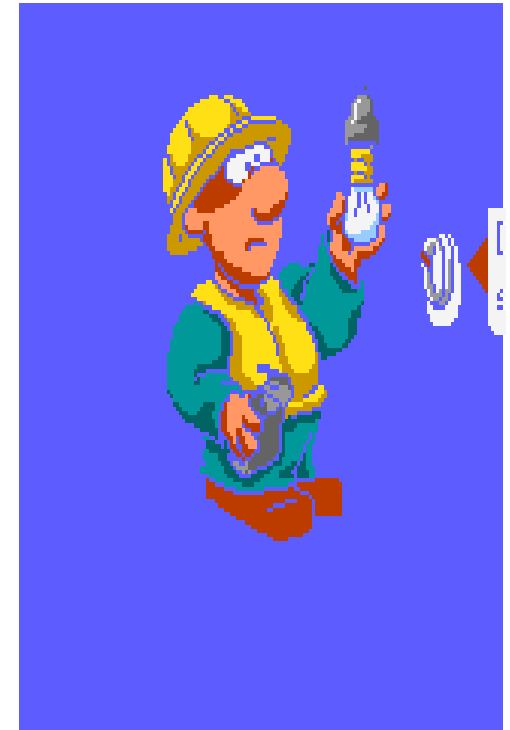


Trabajo Energizado



Trabajo en Vivo

- **Definición**
 - “Trabajo realizado en partes energizadas (involucra contacto directo o a través de herramientas o materiales), ó estar lo suficientemente cerca de manera que los empleados estén expuestos a los peligros presentes”



Procedimientos Escritos

Prácticas de trabajo seguro para prevenir los choques eléctricos y otros daños

- **Contacto directo o indirecto**
- **Trabajar en o cerca**
- **Circuitos que están o pudieran energizarse**
- **Consistente con los peligros eléctricos**



1910.269(I) Trabajo en o cerca de partes expuestas y energizadas

- **Solo personal calificado puede trabajar en o cerca**
 - **al menos 2 personas son necesarias para**
 - Trabajar a 600 ó mas voltios
 - Trabajo con peligros equivalentes
- **No se requieren dos personas cuando**
 - **Conmutación rutinaria**
 - **Uso de herramientas de línea viva si se provee al empleado de la distancia segura**
 - **Reparaciones de emergencia para salvaguardar al público**



Líneas Aéreas

Trabajo cerca de líneas aéreas

- **Desenergize y aterrice las líneas,ó**
- **Proveer otras medidas protectoras:**
 - **Resguardos**
 - **Aislación**
 - **Aislamiento**
 - **Precauciones para evitar el contacto**



Distancia de aproximación para calificados – Corriente alterna

Voltaje nominal Fase a fase	Distancia	
	Exposición fase a tierra	Exposición fase a fase
	(metros)	(metros)
0,05 a 1,0	Evite el contacto	Evite el contacto
1,1 a 15,0	0,64	0,66
15,1 a 36,0	0,72	0,77
36,1 a 46,0	0,77	0,85
46,1 a 72,5	0,90	1,05
72,6 a 121	0,95	1,29
138 a 145	1,09	1,50
161 a 169	1,22	1,71
230 a 242	1,59	2,27
345 a 362	2,59	3,80
500 a 550	3,42	5,50
765 a 800	4,53	7,91

Personas no calificadas

Ninguna parte del cuerpo u objeto conductor puede estar mas cerca de:

- **3 metros para 50 o menos kVolts**
- **1 cm por cada 1kV por encima de 50kV**

Para personas en tierra o elevadas

NOTA: Objetos que no tienen la aislación necesaria para el voltaje en uso son considerados conductivos



Vehículos y Equipo

Vehículos con partes que pudiesen alcanzar las líneas aéreas

- 3 m para 50 o menos kVolts
- 1 cm por cada 1kV por encima de 50kV
- Si el vehículo está en tránsito reducir a 122 cm, aumentar 1 cm por cada 1kV
- Disminuir si se han colocado barreras aisladoras en las líneas



Primeros Auxilios y RCP

- **Cuando se trabaja con líneas energizadas expuestas ó equipo con partes expuestas (mas de 50 V) tienen haber personas entrenadas en primeros auxilios y RCP tal y como sigue:**
 - **Trabajo de campo-2 o mas empleados trabajando, 2 tienen que estar entrenados o 1 entrenado si todos los contratados recientemente están entrenados dentro de los 3 meses**
 - **Sitios de trabajo fijos-entrenados para responder en 4 minutos o entrenar a todos los empleados**



Primeros Auxilios y RCP



Trabajo no energizado



Despeje

Al desenergizar el trabajo eléctrico asegúrese completamente que:

- **El sistema de poder está desenergizado**
 - Abra todos los dispositivos de desconexión y pruebe por voltaje
- **El sistema no pueda ser energizado inadvertidamente**
 - No haya voltaje inducido o de retroalimentación
- **Todas las fuentes están bajo control**
 - El sistema está bloqueado, tarjetado y a tierra
- **Finalizado el trabajo, remover todos los aterrizados, herramientas, equipo y personal**



Confirmado de desenergización de un sistema

- **Pruebe el dispositivo contra una fuente conocida**
- **Aplique el dispositivo al sistema**
- **Confirme la ausencia de voltaje**
- **Vuelva a probar el aparato contra una fuente conocida**
 - **OSHA requiere doble prueba para mas de 600V**
 - **La mejor práctica es probar dos veces a cualquier nivel de voltaje**



Programa de control de la Energía

El empleador tiene que:

- **Establecer un programa de control de la energía**
- **Dar entrenamiento a los empleados**
- **Establecer inspecciones periódicas para asegurar la seguridad de los empleados**
- **El Programa tiene que aislar la energía y mantener el equipo inoperativo**



Procedimiento del Control de la Energía

(ii) Los procedimientos tienen que estar delineados clara y específicamente en cuanto a:

- **Alcance**
- **Propósito**
- **Autorización**
- **Reglas**
- **Técnicas**

para ser utilizado en el control de la energía peligrosa y asegurar su cumplimiento



Bloqueo y tarjeteo

- Si el dispositivo de aislamiento de la energía no es factible bloquearlo:
 - El empleador tiene que usar un sistema de tarjetas
- (c)(3) Si el empleador opta por usar un sistema de tarjeta en lugar de bloqueo:
 - El tarjeteo tiene que dar completa protección al empleado
 - Otras medidas que se tienen que usar
 - Remoción y aislamiento del elemento del circuito
 - Bloqueo del interruptor de control
 - Abrir un dispositivo de desconexión adicional
 - Remoción del manubrio de la válvula



Entrenamiento y Comunicación

El empleador tiene que proveer entrenamiento a:

- **Empleados Autorizados en**
 - Reconocimiento de las fuentes de energía peligrosa
 - tipo y magnitud de la energía
 - Métodos y medios para controlar la energía
- **Empleados Afectados**
 - Propósito y uso de los procedimientos
- **Otros Empleados**
 - Instruir acerca de los procedimientos
 - prohibición de intentar activar el equipo



Verificando la condición de no energizado

Requisitos que tienen que cumplirse antes de considerarse sin energía

- **Los controles operados por una persona calificada**
- **Pruebas de circuitos por personal calificado**
- **Verificación que no hay voltaje inducido por personal calificado**



Verificando la condición de no energizado

- **Una persona calificada que verifique que no hay retroalimentación de voltaje**
- **Por encima de 600-voltios, pruebe el medidor:**
 - **Inmediatamente antes de medir**
 - **Inmediatamente después de medir**



Energizando nuevamente

Los requisitos se tienen que cumplir en el siguiente orden:

- **Una persona calificada prueba el circuito**
- **Una persona calificada verifica visualmente que:**
 - **Se removieron todas las herramientas**
 - **Todos los corto-circuitos, puentes y tierras removidos**
 - **Todos los otros dispositivos removidos**



Energizando nuevamente

- **Advertir a los empleados mantenerse lejos**
- **Remover candados y tarjetas**
- **Si el empleado no está disponible, otros pudieran remover candados y tarjetas si:**
 - **Se verificó que el empleado no esta disponible**
 - **Se trató de contactar al empleado**
 - **Si se le dijo al empleado cuando este retornó al trabajo**
- **Asegurarse que todos los empleados están fuera del área de peligro**



Tierra de Protección Personal



Exigencias Reglamentarias 1910.269(n)

- **Aplicada para crear una zona equipotencial**
- **Capaz de conducir la máxima corriente**
- **Una ampacidad no menor a No. 2 AWG**
- **Antes de instalar tierras, pruebe por voltaje**
- **Instale el extremo de tierra primero**
- **Remueva el extremo del conductor primero y de último el extremo de tierra**



Exigencias Reglamentarias 1910.269(n)

- **Sólo las líneas y el equipo a tierra se considerarán desenergizados**
- **Las tierras no son requeridas si las mismas son imprácticas y;**
 - **Las líneas y el equipo han sido desenergizados**
 - **Sin posibilidad de contacto con otra fuente**
 - **Sin posibilidad de voltaje inducido**

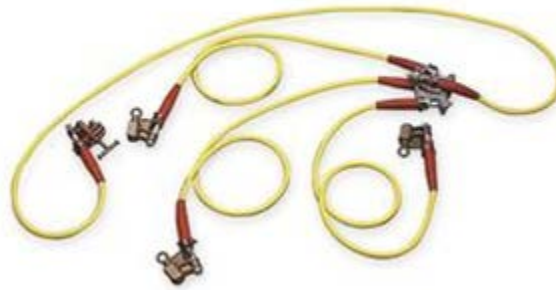
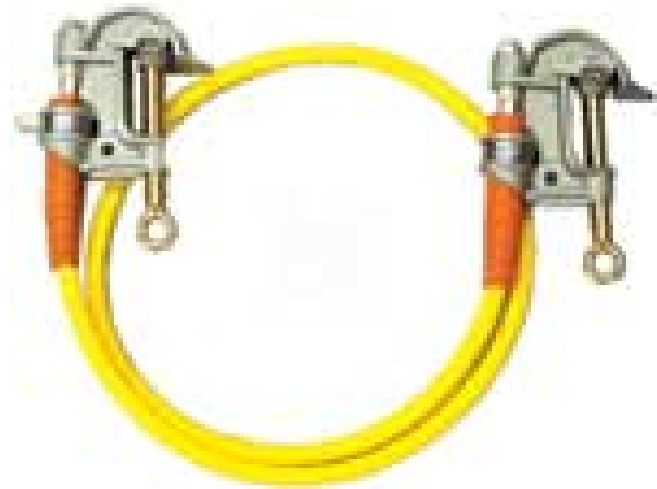


Equipo de Conexión a Tierra

- **Tiene que cumplir con los requisitos de ASTM F-855**
- **Las tierras de protección personal consisten en:**
 - **Cables de largo y diámetros Apropriados**
 - **Partes compatibles**
 - **Pinzas apropiadas**
- **Herramientas de líneas vivas para fijar las tierras**



Puentes de Conexión a Tierra



¡Muchas  Gracias!