Apéndice A de la Subparte V de la parte 1926
(Reservado)

Apéndice B de la Subparte V de la parte 1926
Trabajando con partes energizadas expuestas

I. Introducción

Las compañías eléctricas que diseñan la generación de la energía eléctrica, la transmisión y las instalaciones de distribución deberán cumplir con los requerimientos del Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NESC), ANSI C2. Las compañías eléctricas que también diseñan las líneas de transmisión y distribución para limitar las interrupciones de línea como es requerido por los criterios de confiabilidad del sistema 1 y para soportar los sobrevoltajes máximos impresionado en el sistema.

Las condiciones tales como cambiar los sobre voltajes, fallas, y los rayos pueden causar sobre voltajes. Las compañías eléctricas en general, seleccionan el diseño y las longitudes del aislante y las distancias a las partes estructurales a fin de evitar interrupciones de aislamiento una línea contaminada y durante las tormentas. Las longitudes del aislante de la línea y las autorizaciones estructurales, tienden con los años, acercarse a las distancias de aproximación mínimas utilizados por los trabajadores. Como las distancias de aproximación mínimas y las autorizaciones estructurales convergen, cada vez es más importante que los diseñadores de sistemas y de funcionamiento del sistema y personal de mantenimiento entiendan los conceptos subyacentes a las distancias de aproximación mínimas.

La información de este apéndice es ayudar a los empleadores/patrones a cumplir con los requisitos de distancias de aproximación mínimas contenidas en las secciones 1926.960 (c) (1) y 1926.964 (c). Los empleadores/patrones deben utilizar los criterios técnicos y la metodología que se presentan en este apéndice en el establecimiento de las distancias de aproximación mínimas, de conformidad con la sección 1926.960 (c) (1) (i) y la Tabla V-2 y en la Tabla V-7. En este apéndice se proporciona información básica esencial y los criterios técnicos para el cálculo de las distancias de aproximación mínimas requeridas para los trabajos de línea vivas (energizadas) en la generación de energía eléctrica, transmisión y las instalaciones de distribución.

A menos que un empleador/patrón este utilizando las sobrevoltajes transitorios máximos fijados en el cuadro V-8 para voltajes de más de 72.5 kilovoltios, el empleador/patrón debe utilizar personas con conocimientos en las técnicas descritas en este apéndice, y sean competentes en el campo de la transmisión eléctrica y el diseño del sistema de distribución, para determinar un sobrevoltaje transitorio máximo.

Subparte-V	Transmición y Distribución de Energía

II. General

A. Definiciones. Las siguientes definiciones de la sección 1926.968 se relacionan para trabajar en o cerca de un generador de energía eléctrica, transmisión y líneas de distribución y equipo y los riesgos eléctricos que presentan.

Expuesto. No aisladas o protegido.

Guardado. Cubierto, cercado, encerrado o si no protegido, por medio de adecuados fundas o cubiertas, carriles de barrera o pantallas, alfombras o plataformas, diseñada para minimizar la posibilidad, en condiciones normales, de acercamiento peligroso o contacto accidental de personas u objetos.

Nota a la definición de guardado: los cables que son aislados, pero no protegidos, o no son guardados.

Aislamiento. Separada de otras superficies conductoras por un dieléctrico (incluyendo espacio aéreo) que ofrece una alta resistencia al paso de la corriente.

Nota a la definición de aislamiento: cuando se dice que cualquier objeto está aislado, se entiende que está aislado para las condiciones a las cuales normalmente está sometido. De lo contrario, es, con el propósito de esta sub-parte, no aislado.

Aislados**.** No es fácilmente accesible para las personas a menos que se utilicen medios especiales para el acceso.

Estadística de Voltaje cebado (descarga disruptiva). Un nivel del sobrevoltaje pasajero que produce una probabilidad del 97. 72 por ciento de cebado (es decir dos desviaciones estándares encima del voltaje en el cual hay una probabilidad del 50 por ciento de cebado (descarga disruptiva)).

Estadística de resistencia del voltaje. A nivel de sobrevoltaje transitorio que produce un 0.14% por ciento de probabilidad de cebado (descarga disruptiva) (es decir, tres desviaciones estándar por debajo del voltaje en el cual hay una probabilidad del 50% por ciento de que hay un 50 por ciento de cebado (descarga disruptiva)).

B. Instalaciones energizados de 50 a 300 voltios. Los peligros que plantean las instalaciones energizadas de 50 a 300 voltios son los mismos que los que se encuentran en muchos otros lugares de trabajo. Esto no quiere decir que no hay ningún peligro, pero no se compara la complejidad de la protección eléctrica necesaria a la requerida para los sistemas de alta tensión. El trabajador debe evitar el contacto con las partes expuestas, y usar el equipo protector (como guantes aislantes de goma) que debe proporcionar aislamiento para los voltajes implicados.

C. Partes energizadas expuestas a más de 300 voltios. AC En el párrafo (c) (1) (i) de la seccion 1926.960 requiere al empleador/patron establecer distancias de aproximación minimas no menos que las distancias calculadas por la Tabla V-2 para los sistemas de corriente alterna para que los trabajadores puedan laborar de forma segura y sin riesgo de un cebado[2].

[2]cebado: *es una descarga disruptiva eléctrica en el que se forma un arco eléctrico y corriente eléctrica pasa a través del aire.*

A menos que el trabajador este usando un equipo de protección eléctrica, el aire es el medio aislante entre el trabajador y las partes energizadas. La distancia entre el trabajador y una parte energizada debe ser suficiente para que el aire pueda soportar el sobrevoltaje transitorio máximo que pueda alcanzar en el lugar de trabajo, en las condiciones y las prácticas que el trabajador usa. Esta distancia es la distancia mínima de aislamiento de aire, y es igual al componente eléctrico de la distancia de aproximación mínima.

El diseño del sistema normal puede proporcionar o incluir un medio (como el pararrayos) para controlar un máximo de sobrevoltajes transitorios previstas, o el empleador/patrón puede utilizar dispositivos temporales (brechas o espacios de protección portátiles PPG) o medidas (tales como la prevención de un disyuntor de reconexión automática) para lograr el mismo resultado. El párrafo (c) (1) (ii) de la sección 1926.960 requiere que el empleador/patrón deberá determinar el máximo sobre voltaje anticipado por la unidad transitoria, de fase a tierra, a través de un análisis de ingeniería o suponer un máximo sobre voltaje anticipado por la unidad transitoria, fase a tierra, de acuerdo con la Tabla V-8,que especifica los siguientes valores máximos para los sistemas de corriente alterna :

72.6 a 420.0 kilovoltios	3.5 por unidad.
420.1 a 550.0 kilovoltios	3.0 por unidad.
550.1 a 800.0 kilovoltios	2.5 por unidad.

Véase el párrafo IV. A.2, más adelante en este apéndice, para la discusión adicional de sobrevoltajes transitorios máximos.

D. Tipos de Exposiciones. Los trabajadores que laboran en o cerca de un generador de energía eléctrica con energía, transmisión y sistemas de distribución se enfrentan a dos tipos de exposiciones:-Fase-tierra y de fase a fase.

La exposición es de fase a tierra cuando:

1) Con respecto a una parte energizada, cuando el trabajador está en potencial de tierra o
2) Con respecto a tierra, cuando un trabajador está en el potencial de la parte energizada durante el trabajo manual en línea en viva.

La exposición es de fase a fase cuando: con respecto a una parte energizada, cuando un trabajador está en el potencial de la otra parte energizada (a un potencial diferente) durante el trabajo manual en línea en viva.

III. Determinación de distancias mínimas de enfoque para voltajes de corriente alterna (CA) superiores a 300 voltios

A. Voltajes de 301 a 5,000 voltios. Los datos de las pruebas generalmente forman la base de las distancias de aislamiento mínimas de aire. El voltaje más bajo para los cuales los datos de prueba es 5,000 voltios, y estos datos indican que la distancia de aislamiento minima de aire en que el voltaje es 20 milímetros (1 pulgada). Debido a que la distancia de aislamiento minima de aire aumenta con el aumento del voltaje, y, a la inversa, y disminuye con la disminución del voltaje, una distancia de aislamiento mínima del aire asumida de 20 milímetros protegerá contra una descarga disruptiva a voltajes de 301 a 5,000 voltios. Por lo tanto, los 20 milímetros es el componente eléctrico de la distancia mínima de enfoque para estos voltajes.

B. Los voltajes de 5.1 a 72.5 kilovoltios. Para los voltajes desde 5.1 hasta 72.5 kilovoltios, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional basa la metodología para calcular el componente eléctrico de la distancia mínima de enfoque en el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) estándar 4-1995 , Técnicas Estándares Pruebas de Alto Voltaje. La Tabla 1 enumera las distancias del cebado (descarga disruptiva) críticos que se enumeran en IEEE Std 516-2009, Guía de IEEE para Métodos de mantenimiento en líneas eléctricas activas .

Tabla 1 Distancia o separación de cebado de barra a barra.

60 Hz cebado barra a barra (pico kV)	La separación de las brechas o espacios de IEEE Std 4-1.995 (cm)
25	2
36	3
46	4
53	5
60	6
70	8
79	10
86	12
95	14
104	16
112	18
120	20
143	25
167	30
192	35
218	40
243	45
270	50
322	60

Fuente: IEEE Std 516 a 2.009.

Para utilizar esta tabla para determinar el componente eléctrico de la distancia mínima de enfoque, el empleador/patrón deberá determinar el sobrevoltaje transitoria pico de fase a tierra y seleccionar una brecha o espacio en la tabla que corresponde al voltaje como soportar la tensión en lugar de un voltaje de cebado crítico. Para calcular el componente eléctrico de la distancia mínima de enfoque para los voltajes entre 5 y 72.5 kilovoltios, utilice el siguiente procedimiento:

1. Divida el voltaje de fase a fase por la raíz cuadrada de 3 para convertirlo en un voltaje de fase a tierra.
2. Multiplique el voltaje de fase-tierra por la raíz cuadrada de 2 para convertir el valor eficaz del voltaje a la tensión pico de fase a tierra.

3. Multiplique el pico de fase a tierra del voltaje por el sobrevoltaje transitorio máxima por unidad, lo que, para este rango de tensión, es 3.0, como se explica más adelante en este apéndice. Este es el máximo sobrevoltaje transitorio de fase a tierra, que corresponde a la tensión soportada por la exposicion.[3] pertinente.

[3]**La tensión soportada**: es la tensión a la que el cebado (descarga disruptiva) no es probable que se produzca a través de una distancia especificada. Es la tensión tomada en el punto 3σ debajo de la tensión de cebado, suponiendo que la curva del cebado (descarga disruptiva) sigue una distribución normal.

4. Divida el máximo de fase a tierra de sobrevoltaje transitorio por 0.85 para determinar la correspondiente tensión crítica de cebado (descarga disruptiva). (La tensión crítica de cebado es 3 desviaciones estándar (o 15 por ciento) mayor que la tensión no disruptiva.)
5. Determinar el componente eléctrico de la distancia mínima de enfoque de la Tabla 1 mediante interpolación.

La Tabla 2 ilustra cómo derivar el componente eléctrico de la distancia de aproximación mínima para voltajes de 5.1 a 72.5 kilovoltios, antes de la aplicación de cualquier factor de corrección de altitud, como se explica más adelante.

Tabla 2 Calculo del componente eléctrico de MAD -751 V A 72.5 Kv

Paso	Voltaje máximo del sistema de fase a fase (kV)			
	15	36	46	72.5
1. Dividir por √3	8.7	20.8	26.6	41.9
2. Multiplique por √2	12.2	29.4	37.6	59.2
3. Multiplicar por 3.0	36.7	88.2	112.7	177.6
4. Divide por 0.85	43.2	103.7	132.6	208.9
5. Interpolar de la Tabla 1	3+ (7,2 / 10) * 1	14+ (8,7 / 9) * 2	20+ (12.6 / 23) * 5	35+ (16.9 / 26) * 5
Componente eléctrico de MAD (cm)	3.72	15.93	22.74	38.25

C. Voltajes de 72.6 a 800 kilovoltios. Para los voltajes de 72.6 kilovoltios a 800 kilovoltios, las bases de esta subparte del componente eléctrico de las distancias de aproximación mínimas, antes de la aplicación de cualquier factor de corrección de altitud, en la siguiente fórmula:

Ecuación 1 - Para tensiones de 72.6 kV a 800 kV

$$D = 0.3048\ (C + a)\ V_{L\text{-}G}T$$

Dónde:

D = es el componente eléctrico de la distancia de enfoque mínima de aire en metros;

C = es el factor de corrección asociada con la variación de la distancia de cebado (descarga disruptiva) con el voltaje;

a = es un factor relacionado con la saturación del aire a los voltajes del sistema de 345 kilovoltios o superiores [4] ;

[4] Los datos de prueba demuestra que el factor de saturación es mayor que 0 en los voltajes de pico de alrededor de 630 kilovoltios. Los sistemas que funcionan a 345 kilovoltios (o voltajes máximos del sistema de 362 kilovoltios) pueden tener sobrevoltajes transitorios máximos picos superiores a 630 kilovoltios. En la Tabla V-2 establece las ecuaciones para el cálculo de *una* base a pico de un voltaje.

V_{LG} = es el sistema máximo del voltaje de línea a tierra rms en kilovoltios, debe ser el máximo "actual", o el voltaje normal más alto para la variedad (por ejemplo, 10% por ciento por encima de la tensión nominal); y

T = es el factor de sobretensión transitoria máximos por unidad.

En la Ecuación 1, *C* es 0,01:

1. Para exposiciones de fase a tierra el empleador/patrón puede demostrar que consiste sólo de aire a través de la distancia de enfoque (brecha o espacio) y

2. Para exposiciones de fase a fase si el empleador/patrón puede demostrar que ningún instrumento extiende la brecha o espacio y ningún objeto conductor grande este en la brecha. De lo contrario, C es 0.011.

En la ecuación 1, el término "varía" según si la exposición del trabajador es de fase a tierra o fase a fase y en si los objetos están en la brecha o espacio .El empleador/patrón debe usar las ecuaciones en la Tabla 3 para calcular *a.* los datos de prueba de cebado con un aislamiento que abarca la brecha o espacio forman la base de las ecuaciones para las exposiciones de fase a tierra, y los datos de prueba de cebado (descarga disruptiva) con sólo el aire en la forma del espacio , la base para la ecuaciones para las exposiciones de fase a fase. Las ecuaciones de fase a tierra resultan en valores ligeramente más altos de *a*, y, en consecuencia, producen grandes distancias de aproximación mínimas, que las ecuaciones de fase a fase para el mismo valor de V_{pico} .

Tabla 3 Ecuaciones para el cálculo del factor de aumento, a

Exposiciones fase a tierra			
$V_{pico} = T_{-GL} V_{L-G} \sqrt{2}$	635 kV o menos	635.1 a 915 kV	915.1 a 1.050 kV
a	0	(V_{Pico} -635) / 140000	(V_{pico} -645) / 135000
$V_{pico} = T_{-GL} V_{L-G} \sqrt{2}$	Más de 1.050 kV		
a	(V_{pico} -675) / 125000		
Exposiciones fase a fase[1]			
$V_{pico} = (1,35\ T_{L-G}\ 0.45)\ V_{L-G} \sqrt{2}$	630 kV o menos	630,1 a 848 kV	848,1 a 1.131 kV
a	0	(V_{Pico} -630) / 155000	(V_{Pico} -633.6 / 152207
$V_{pico} = (1,35\ T_{L-G}\ 0.45)\ V_{L-G} \sqrt{2}$	1.131.1 a 1.485 kV	Más de 1.485 kV	
a	(V_{Pico} -628 / 153846	(V_{Pico} -350.5) / 203666	

[1]Use las ecuaciones para las exposiciones de fase a tierra (con V_{pico} *para las exposiciones de fase a fase)* a menos que el empleador/patrón pueda demostrar que ninguna herramienta aislada se extiende al vacío y que ningún objeto conductor grande está en la brecha o espacio. En la ecuación 1, T es el factor de sobrevoltaje transitorio máximo por unidad. Como se señaló anteriormente, en la seccion1926.960 (c) (1) (ii) requiere que el empleador/patrón deberá determinar el máximo sobre voltaje anticipado por la unidad transitoria, de fase a tierra, a través de un análisis de ingeniería o suponer un máximo sobre voltaje anticipado por la unidad transitoria, fase a tierra, de acuerdo con la Tabla V-8. Para las exposiciones de fase a tierra, el empleador/patrón utilizara este valor, llamado T_{LG} , como T en la Ecuación 1. IEEE Std 516-2009 proporciona la siguiente fórmula para calcular el sobrevoltaje transitorio máximo de fase a fase, T_{LL} , de T_{LG} :

$$T_{L-L} = 1,35\ T_{L-G} + 0.45.$$

Para exposiciones de fase a fase, el empleador/patrón utilizara este valor como T en la ecuación 1.

D. Disposiciones para el movimiento inadvertido. La distancia de aproximación mínima debe incluir un "sumador" para compensar el movimiento inadvertido del trabajador con respecto a una parte energizada o el movimiento de la parte relativa al trabajador. Esta "sumador" debe tener en cuenta este posible movimiento involuntario y proporcionar al trabajador con una zona confortable y seguro en el que trabajar. Los empleadores/patrones deben añadir la distancia de desplazamiento involuntario (llamado el "componente ergonómico de la distancia de aproximación mínima") para el componente eléctrico para determinar el total de las distancias de aproximación mínimas de seguridad utilizados en el trabajo de línea viva (energizadas).

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional basa el componente ergonómico de la distancia de aproximación mínima en el análisis de respuesta en tiempo-distancia. Esta técnica utiliza una estimación del tiempo total de respuesta a un incidente peligroso y convierte ese momento a la distancia recorrida. Por ejemplo, el conductor de un coche toma una cantidad dada de tiempo para responder a un "estímulo" y detener el vehículo. El tiempo transcurrido involucrado resultados en el coche viaja cierta distancia antes de llegar a una parada completa. Esta distancia depende de la velocidad del coche en el momento aparece el estímulo y el tiempo de reacción del conductor.
En el caso del trabajo de línea viva (energizada), el trabajador debe primero darse cuenta de que él o ella se acercan a la zona de peligro. Entonces, el trabajador responde al peligro y debe decelerar y parar todo movimiento hacia la parte energizada. Durante el tiempo que se necesita para detener, el trabajador viajará a cierta distancia. Esta es la distancia que el empleador/patron debe agregar al componente eléctrico de la distancia mínima de enfoque para obtener la distancia de aproximación mínima de seguridad total.

Con voltajes de 751 voltios a 72.5 kilovoltios,[5] el componente eléctrico de la distancia mínima de enfoque es menor que el componente ergonómico. En 72.5 kilovoltios, el componente eléctrico es sólo un poco más de 0.3 metros (1 pie). Un componente ergonómico de la distancia de aproximación mínima debe proporcionar a todos los movimientos imprevistos del trabajador. A estos voltajes, los trabajadores suelen utilizar guantes de goma aislante; sin embargo, estos guantes sólo protegen las manos y los brazos del trabajador. Por lo tanto, el objeto energizado debe estar a una distancia de aproximación segura para proteger la cara del trabajador. En este caso, 0.61 metros (2 pies) es un componente ergonómico suficiente y práctica la distancia de aproximación mínima.

[5]Para tensiones de 50 a 300 voltios, la Tabla V-2 especifica una distancia de aproximación mínima de "evitar el contacto." La distancia mínima de enfoque para este rango de tensión no contiene ni un componente eléctrico ni un componente ergonómico.

Para voltajes entre 72.6 y 800 kilovoltios, los trabajadores deben utilizar diferentes prácticas de trabajo durante laboran en la línea energizada. En general, los trabajadores utilizan las herramientas de línea viva (barras calientes) para realizar el trabajo en equipos conectados.

Estas herramientas, por diseño, mantienen la parte energizada a una distancia constante del trabajador y, por lo tanto, mantienen la distancia de enfoque mínima adecuada de forma automática. La ubicación del trabajador y el tipo de métodos de trabajo que el trabajador utiliza también influyen en la longitud del componente ergonómico de la distancia de aproximación mínima. En este rango de voltaje superior, los trabajadores utilizan métodos de trabajo que con más fuerza controlan sus movimientos que cuando los trabajadores realizan trabajos usando guantes de goma aislante. El trabajador, por lo tanto, está más lejos de la línea o equipo energizado y debe ser más preciso en sus movimientos sólo para realizar el trabajo. Por estas razones, esta subparte adopta un componente ergonómico de la distancia de aproximación mínima de 0.31 m (1 pie) para voltajes entre 72.6 y 800 kilovoltios.

La Tabla 4 resume el componente ergonómico de la distancia de aproximación mínima para diversas gamas de voltaje.

Tabla 4 Componente Ergonómico de Distancia de aproximación mínima.

Rango del voltaje (kV)	**Distancia**	
	m	ft
0.301 a 0.750	0.31	1.0
.751 a 72.5	0.61	2.0
72.6 a 800	0.31	1.0

Nota: El empleador/patrón debe agregar esta distancia al componente eléctrico de la distancia mínima de enfoque para obtener la distancia de aproximación mínima completa.

El componente ergonómico de la distancia de aproximación mínima representa errores en el mantenimiento de la distancia de aproximación mínima (lo que podría ocurrir, por ejemplo, si un trabajador juzga mal la longitud de un objeto conductor que él o ella es la celebración), y para juzgar los errores en la distancia mínima de enfoque. El componente ergonómico también da cuenta de los movimientos involuntarios de los trabajadores, como el deslizamiento. Por el contrario, la posición de trabajo seleccionado para mantener adecuadamente la distancia mínima de enfoque debe dar cuenta de todos los probables movimientos razonables de un trabajador y todavía permite al trabajador a que se adhieran a la distancia de aproximación mínima aplicable. (Ver Figura 1.) Los probables movimientos razonables incluyen ajustes de un trabajador a las herramientas, equipos y puestos de trabajo y todos los movimientos necesarios para realizar el trabajo. Por ejemplo, el trabajador debe ser capaz de realizar todas las acciones siguientes sin perderse en la distancia mínima de enfoque:

- Ajuste de su casco de seguridad,
- Maniobrar una herramienta sobre una parte energizada con una cantidad razonable de extralimitación o sub alcance,
- Alcanzar y manejar herramientas, materiales y equipos pasados por él o ella, y
- Ajustar las herramientas, y reemplazar los componentes en ellos, cuando sea necesario durante el proceso de trabajo.

La capacitación de los trabajadores calificados requeridos bajo la sección 1926.950, y la planificación del trabajo y reunión informativa requerida bajo la sección 1926.952, deben abordar la selección de un puesto de trabajo adecuado.

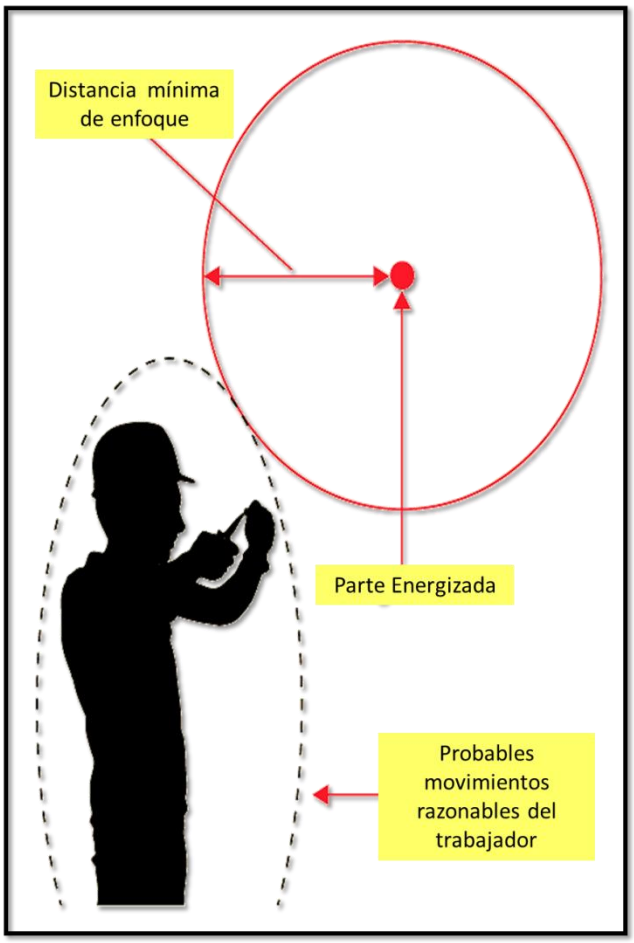


Figura 1 - El mantenimiento de la distancia mínima de enfoque

E. Factores de corrección diversos. Los cambios en el medio de aire que forma el aislamiento influyen en la fuerza de una brecha o espacio de aire. A continuación una breve discusión de cada factor se muestra.

1. Rigidez dieléctrica del aire. La rigidez dieléctrica del aire en un campo eléctrico uniforme en condiciones atmosféricas normales es de aproximadamente 3 kilovoltios por milímetro. [6] La presión, la temperatura y humedad del aire, la forma, dimensiones, y la separación de los electrodos, y las características del voltaje aplicado (forma de onda) afectan la gradiente disruptiva.

6 Para los efectos de la estimación de la longitud del arco, Subparte V generalmente supone una rigidez dieléctrica más conservadora de 10 kilovoltios por 25.4 milímetros, en consonancia con las hipótesis formuladas en las normas de consenso, como el Código de Seguridad Eléctrica Nacional (IEEE C2-2012). El valor más conservador representa variables tales como la forma de los electrodos, la forma de onda, y una cierta cantidad de sobrevoltaje.

2. El efecto atmosférico. La resistencia eléctrica determinada empíricamente de una brecha o espacio dada es normalmente aplicable en condiciones atmosféricas normales (20 ° C, 101.3 kilo pascales, 11 gramos / centímetro cúbico de humedad). Un aumento en la densidad (humedad) del aire inhibe la descarga disruptiva para un espacio de aire dado. La combinación de la temperatura y la presión del aire que resulta bajo la brecha o espacio del voltaje de cebado es de alta temperatura y baja presión. Esta combinación de condiciones no es probable que ocurra. La presión atmosférica baja, generalmente asociada con humedad alta, causa un aumento de la resistencia eléctrica. Una presión atmosférica media en general guarda correlación con poca humedad. Las condiciones de laborales calientes y secas normalmente causan en una reducción de la resistencia eléctrica. Las ecuaciones para las distancias de aproximación mínimas en la Tabla V-2 asumen condiciones atmosféricas normales.

3. La altitud. La presión de atmosférica reducida en altitudes altas causa una reducción en la resistencia eléctrica de una brecha o espacio de aire. Un empleador/patrón debe aumentar la distancia mínima de enfoque de un 3% por ciento por cada 300 metros (1,000 pies) de altitud aumentada para altitudes superiores a 900 metros (3,000 pies). La Tabla V-4 especifica el factor de corrección de altitud que el empleador /patrón debe utilizar en el cálculo de las distancias de aproximación mínimas.

IV. La determinación de las distancias mínimas de enfoque.

A. Factores que afectan la tensión del voltaje en el lugar de trabajo.

1. *Voltaje del sistema (nominal).* La variedad del voltaje nominal determina el voltaje para efectos de calcular las distancias de aproximación mínimas. El empleador /patrón selecciona la variedad en el que el voltaje del sistema nominal cae, como se indica en el cuadro correspondiente, y utiliza el valor más alto dentro de ese rango en los cálculos por unidad.

2. *Sobretensiones transitorias.* El funcionamiento de interruptores o disyuntores, un fallo en una línea o circuito o en un circuito adyacente, y actividades similares pueden generar sobretensiones transitorias en un sistema eléctrico. Cada sobretensión transitoria tiene una forma de onda de tensión asociada. La forma de onda de llegar al sitio y su magnitud varía considerablemente.

En el desarrollo de los requisitos para distancias de aproximación mínimas, la Administración de Seguridad y Salud en el Ocupacional consideró las formas más comunes de onda y la magnitud de las sobretensiones transitorias encontrar en la generación de energía eléctrica, transmisión y sistemas de distribución. Las ecuaciones de la Tabla V-2 para las distancias de aproximación mínimas utilizan sobretensiones transitorias máximas por unidad, que son con respecto al voltaje máximo nominal del sistema. Por ejemplo, un valor de sobretensión transitoria máximo de 3.0 por unidad indica que la mayor sobretensión transitoria es 3.0 veces el voltaje nominal máximo del sistema.

3. *Magnitud típica de sobretensiones.* La Tabla 5 enumera la magnitud de las sobretensiones transitorias típicas.

Tabla 5. Tipos de magnitud de sobretensiones transitorias

Causa	Magnitud (por unidad)
Línea energizada de 200 millas sin resistencias de cierre	3.5
Línea energizada de 200 millas con resistencia de cierre de un solo paso	2.1
Línea energizada de 200 millas con la resistencia de varios pasos	2.5
Reconexión con cargo resistencia de un solo paso atrapado	2.2
Oleada de apertura con un solo recebado	3.0
Fase de fallo de la iniciación sin falla	2.1
Fallo del circuito de iniciación adyacente	2.5
Compensación de fallos	01.07 a 01.09

4 Desviación estándar – resistir la brecha o espacio de aire. Para cada longitud de brecha o espacio de aire en las mismas condiciones atmosféricas, existe una variación estadística en el voltaje de la ruptura. La probabilidad de una ruptura contra voltaje tiene un (gaussiana) de distribución normal. La desviación estándar de esta distribución varía con la forma de onda, la geometría de la brecha o espacio, y las condiciones atmosféricas. El voltaje no disruptivo de la brecha o espacio de aire es de tres desviaciones estándar (3σ) por debajo de la tensión crítica de cebado. (La tensión crítica de cebado es el valor de cresta de la onda de impulso que, bajo condiciones especificadas, causa un cebado de 50 por ciento del tiempo. Una onda de impulso de tres desviaciones estándar por debajo de este valor, es decir, la tensión soportada, tiene una probabilidad de cebado (descarga disruptiva) de aproximadamente 1 en 1000).

5. Los aisladores rotos. Las pruebas muestran reducciones en la fuerza de aislamiento de cadenas de aisladores con faldones rotas. Las unidades rotas pueden perder hasta el 70 por ciento de su capacidad de soportar. Debido a que un empleador/patrón no puede determinar la capacidad de aislamiento de una unidad rota sin probarlo, el empleador/patrón debe tener en cuenta las unidades dañadas en un aislante que no tienen valor de aislamiento. Además, la presencia de una herramienta de línea en vivo junto a una cadena de aisladores con las unidades rotas puede reducir aún más la fuerza del aislamiento total. El número de unidades buenas que deben estar presentes en una cadena para que pueda ser "aislado", como se define en §1926.968 depende de la máxima sobretensión posible en el lugar de trabajo.

B. Distancias mínimas de enfoque Basadas en lo conocido, Sobretensiones transitorias por unidad máximas esperadas.

1. *La determinación de la distancia mínima de enfoque de los sistemas de corriente alterna (CA).* Bajo la sección 1926.960 (c) (1) (ii), el empleador/patrón deberá determinar el máximo sobre voltaje anticipado por la unidad transitoria, de fase a tierra, a través de un análisis de ingeniería o suponer un máximo sobre voltaje anticipado por la unidad transitoria, fase a tierra, de acuerdo con la Tabla V-8. Cuando el empleador/patrón lleva a cabo un análisis del sistema de ingeniería y determina que la sobretensión transitoria máxima es inferior a la especificada en la Tabla V-8, el empleador/patrón deberá garantizar que las condiciones asumidas en el análisis, por ejemplo, que los trabajadores bloquean una reconexión en un circuito o instalan brechas o espacios de protección portátiles, estén presentes durante el trabajo con energía. Para garantizar que estas condiciones estén presentes, el empleador/patrón tendría que iniciar nuevos procedimientos de trabaja en vivo que reflejan las condiciones y limitaciones establecidas por el análisis de ingeniería.

2. *Cálculo de los valores de la distancia de aproximación reducidos* Un empleador/patrón puede tomar las siguientes medidas para reducir las distancias de aproximación mínimas cuando la sobretensión transitoria máxima en el sistema (es decir, la sobretensión transitoria máxima sin medidas adicionales para controlar las sobretensiones) produce inaceptablemente grandes distancias de aproximación mínimas:

- *Paso 1.* Determinar el voltaje máximo (con respecto a un rango de voltaje nominal dado) para la parte energizada.
- *Paso 2.* Determinar la técnica a utilizar para controlar la sobretensión transitoria máxima. (Véanse los párrafos IV.C y IV.D de este apéndice.) Determine la sobretensión transitoria máxima que puede existir en el lugar de trabajo con esa forma de control en el lugar y con un nivel de confianza del 3s. Este voltaje es la tensión soportada con el propósito de calcular la distancia mínima de enfoque adecuada.
- *Paso 3.* Los trabajadores directos para poner en práctica procedimientos para garantizar que la técnica de control está en vigor en el transcurso de la obra.
- *Paso 4.* Usando el nuevo valor de sobretensión transitoria por unidad, calcular la distancia de aproximación mínima necesaria de la Tabla V-2.

C. Métodos de Controlar el voltaje posible de la sobretensión transitoria encontrado en un sistema.

1. *Introducción.* Hay varios medios para controlar las sobretensiones que se producen en los sistemas de transmisión. Por ejemplo, el empleador/patrón puede modificar el funcionamiento de los interruptores automáticos u otros dispositivos de conmutación para reducir el cambio sobretensiones transitorias. Alternativamente, el empleador/patrón puede sostener la sobretensión a un nivel aceptable mediante la instalación de pararrayos o brechas o espacios de protección portátiles en el sistema. Además, el empleador/patrón puede cambiar el sistema de transmisión para minimizar el efecto de las operaciones de conmutación. La Sección 4.8 de la IEEE Std 516-2009 describe varias formas de controlar y reducir de ese modo, las sobretensiones transitorias máximas.

2. *El funcionamiento de los interruptores automáticos.* [7] La sobretensión transitoria máxima que puede alcanzar el lugar de trabajo es a menudo el resultado de la conexión de la línea en la que los trabajadores están laborando. La desactivación de cierre automático durante el trabajo de línea energizada, por lo que la línea no se revitalizó después de ser abierto por cualquier razón,

limita la máxima sobretensión de conmutación a la más grande de la oleada de apertura o el mayor aumento posible generado por el fallo, siempre que los dispositivos (por ejemplo, resistencias de inserción) funcionan y funcionaran para limitar la sobretensión transitorias y ese interruptor no produzcan reinicios. El empleador/patrón debe garantizar el correcto funcionamiento de las resistencias de inserción y otros dispositivos de limitación de sobretensión cuando el análisis de ingeniería del empleador/patrón asume su funcionamiento correcto para limitar el nivel de sobretensión. Si el empleador/patrón no puede desactivar la función de cierre (a causa de las condiciones de funcionamiento del sistema), otros métodos para controlar el nivel de aumento de conmutación pueden ser necesarios.

[7] El diseño detallado de un interruptor de circuito, tales como el diseño de los contactos, la inserción de resistencia, y el interruptor de control de temporización, están más allá del alcance de este apéndice. El diseño del sistema en general representa estas características. Este apéndice sólo se discute características que pueden limitar al máximo el cambio de sobretensión transitoria en un sistema.

Las sobretensiones transitorias en una línea adyacente, en particular para la construcción de doble circuito, puede causar una sobretensión significativo en la línea en la que los trabajadores están laborando. El análisis de ingeniería del empleador/patrón debe tener en cuenta para acoplar a las líneas adyacentes.

3. *Sobretensiones pararrayos.* El uso de pararrayos modernos permite una reducción en los niveles de los niveles de aislamiento del impulso básico de los equipos del sistema de transmisión. La función primaria de los primeros descargadores era proteger el aislamiento del sistema de los efectos de los rayos. Los descargadores modernos no sólo disipan los transitorios causados por los rayos, pero también pueden controlar muchos otros transitorios del sistema causados por conmutación o fallos.

El empleador/patrón puede utilizar descargadores adecuadamente diseñados para controlar las sobretensiones transitorias a lo largo de una línea de transmisión y con ello reducir la longitud necesaria de la cadena de aisladores y, posiblemente, la sobretensión transitoria máxima en la línea. [8]

[8] la aplicación de pararrayos de sobretensión está fuera del alcance de este apéndice. Sin embargo, si el empleador/patrón instala el pararrayos cerca del sitio de trabajo, la aplicación sería similar a las brechas o espacios de protección discutidas en el apartado IV. D de este apéndice.

4. *Restricciones de la conmutación.* Otra forma de control de una sobretensión implica el establecimiento de restricciones de conmutación, mediante el cual el empleador/patron prohíbe el funcionamiento de los interruptores hasta que ciertas condiciones del sistema están presentes. El empleador/patrón restringe la conmutación mediante el uso de un sistema de etiquetado, similar a la utilizada para un permiso, excepto que el término común usado para esta actividad es un "mantener" o "restricción". Estos términos indican que la restricción no impide la operación, pero sólo modifica la operación durante la actividad de trabajo en vivo.

D. *Distancia mínima de enfoque basada en el control de una sobretensión transitoria máxima en el lugar de trabajo.*

Cuando el empleador/patrón del instituto de control de sobretensión transitoria máxima en el lugar de trabajo mediante la instalación de las brechas o espacios de protección portátiles, el empleador/patrón puede calcular la distancia mínima de enfoque de la siguiente manera:

- Paso 1.Seleccione el adecuado voltaje no disruptivo de la brecha o espacio de protección basado en los requisitos del sistema y una probabilidad aceptable de brecha o espacio de cebado [9]

[9] El empleador/patrón deberá comprobar la resistencia al voltaje para asegurar que resulta en una probabilidad de brecha o espacio de contorneo que es aceptable desde una perspectiva de interrupción del sistema.(En otras palabras, una brecha o espacio de cebado (descarga disruptiva) producirá una interrupción del sistema. El empleador/patrón debería determinar si una interrupción tal tendrá un impacto en el rendimiento general del sistema a un grado aceptable.) En general, la tensión no disruptiva debe ser de al menos 1.25 veces la tensión de funcionamiento de cima máxima.

- Paso 2. Determinar una distancia de separación que proporciona un voltaje no disruptiva[10] mayor que o igual a la seleccionada en el primer paso. [11]

[10] El fabricante que proporciona la brecha o espacio, basado en los datos de prueba, el voltaje de cebado (descarga disruptiva) crítico para cada espacio de separación (por ejemplo, un voltaje de cebado (descarga disruptiva) crítico de 665 kilovoltios para una separación de brecha o espacio de 1.2 metros). La resistencia a la tensión para la diferencia es igual a 85 por ciento de su voltaje de cebado (descarga disruptiva) crítico.

[11] Interruptor de los pasos 1 y 2 si se conoce la longitud de la brecha o espacio de protección.

- Paso 3.Utilice el 110 % por ciento del voltaje de cebado (descarga disruptiva) crítico de la brecha o espacio para determinar el voltaje máximo de fase a tierra en la brecha o espacio de cebado (descarga disruptiva) ($V_{PPG\ Pico}$).

- Paso 4.Determine sobretensión transitoria maxima, de fase a tierra, en el lugar de trabajo de la siguiente fórmula:

$$T = \frac{V_{PPG\ Peak}}{V_{L\text{-}G}\sqrt{2}}.$$

- Paso 5. Uso este valor de *T* [12] en la ecuación en la Tabla V-2 para obtener la distancia de aproximación mínima. Si el lugar de trabajo no es más de 900 metros (3,000 pies) sobre el nivel del mar, el empleador/patrón puede utilizar este valor de *T* para determinar la distancia mínima de enfoque de la Tabla 7 a través de la Tabla 14.

[12] IEEE Std 516 a 2009 establece que la mayoría de los empleadores/patrones aportan 0.2 y el valor calculado de *T* como un factor de seguridad adicional.
***Nota**:* Todo el redondeo debe ser al siguiente valor más alto (es decir, siempre redondeando hacia arriba).

Muestras de Cálculos de la brecha o espacio de protección.

Problema*:* Los trabajadores son para realizar un trabajo en una línea de transmisión de 500 kilovoltios a nivel del mar que esté sujeta a sobretensiones transitorias de 2.4 pu La tensión máxima de operación de la línea es de 550 kilovoltios. Determine la longitud de la brecha o espacio de protección que proporcionará la distancia mínima de enfoque seguro práctico. Y también, determine cuál es la distancia de aproximación mínima.

- *Paso 1.* Calcular el más pequeño de sobretensión transitoria máximo práctico (1.25 veces la tensión de la cima de fase a tierra): [13]

[13] Para eliminar arcos eléctricos debido a alteraciones del sistema de menor importancia, el empleador/patrón debe utilizar una tensión no disruptiva no inferior a 1.25 pu Tenga en cuenta que esta es una práctica u operativa, única consideración. Puede ser factible para el empleador/patrón a utilizar los valores más bajos de tensión no disruptiva.

$$550kV \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times 1.25 = 561kV.$$

Este valor es igual a la tensión soportada de la brecha o espacio de protección.

- *Paso 2.* Usando de los datos de prueba para una brecha o espacio de protección particular, seleccione una brecha o espacio que tenga un voltaje de cebado (descarga disruptiva) crítico mayor que o igual a:

  561 *kV* ÷ 0,85 = 660 *kV*

  Por ejemplo, si una brecha o espacio de protección con una separación de 1.22 m (4.0 pies) a prueba a un voltaje de cebado (descarga disruptiva) crítico de 665 kilovoltios (pico), seleccionar la separación esta brecha o espacio.

- *Paso 3.* El voltaje del pico de fase a tierra en la brecha o espacio en el cebado ($V_{PPG\ Pico}$) es 110% por ciento del valor de la etapa anterior:

  665 *kV* × 1,10 = 732 *kV*

  Este valor corresponde a la tensión disruptiva del componente eléctrico de la distancia de aproximación mínima.

- Paso 4. Utilice esta tensión para determinar el valor de lugar de trabajo de *T:*

$$T = \frac{732}{564} = 1.7\,p.u.$$

- Paso 5. Utilice este valor de *t* en la ecuación en la Tabla V-2 para obtener la distancia mínima de enfoque, o buscar la distancia mínima de enfoque en la Tabla 7 a través de la Tabla 14:

  MAD = 2.29m (7.6ft)

E. Localización de las Brechas o espacios de protección.

1. *Estructuras adyacentes.* El empleador puede instalar la brecha de protección en una estructura adyacente al lugar de trabajo, ya que esta práctica no reduce significativamente la protección otorgada por la brecha.

2. *Estaciones terminales*. Las brechas o espacios instalados en las estaciones terminales de las líneas o circuitos ofrecen un nivel de protección; Sin embargo, ese nivel de protección no puede extenderse a lo largo de la línea para el lugar de trabajo. El uso de brechas o espacios en las terminales de subestación plantea la posibilidad de que las sobretensiones separadas podían entrar en la línea en los extremos opuestos, cada uno con magnitud lo suficientemente bajo como para pasar las brechas o espacios de las terminales sin cebado. Cuando las sobretensiones se producen simultáneamente en cada extremo de una línea y viajan uno hacia el otro, la tensión total en la línea en el punto donde se encuentran es la suma aritmética de las dos sobretensiones. Una brecha o espacio instalado dentro de 0.8 kilómetros (0.5 millas) del lugar de trabajo protegerá contra tales ondas que se cruzan. Los estudios de ingeniería de una línea o sistema particular pueden indicar que los trabajadores pueden proteger adecuadamente a los trabajadores por los vacíos que instalan en lugares aún más lejanos. En cualquier caso, a menos que el uso de los valores por defecto para T de la Tabla V-8, el empleador/patrón debe determinar *T* en el lugar de trabajo.

3. *Lugar de Trabajo.* Si el empleador/patrón instala brechas o espacios de protección en el lugar de trabajo, el ajuste de la abertura establece la resistencia de impulso del aislamiento en el lugar de trabajo. Los rayos que caen a 6 millas del lugar de trabajo pueden causar un aumento de tensión mayor que la brecha o espacio pueda soportar la tensión, y una brecha o espacio de cebado pueden ocurrir. Además, la brecha o espacio de cebado puede tener sobretensiones en la línea que excede la tensión no disruptiva de la brecha o espacio. En consecuencia, el empleador /patrón debe proteger a los trabajadores de los riesgos resultantes de cualquier cebado que podría ocurrir.

F. Deshabilitar el cierre automático. Hay dos razones para desactivar la característica del cierre automático de los dispositivos de interrupción de circuito mientras que los trabajadores están realizando trabajos en vivo:

- Para evitar una re energización de un circuito de fallo durante el trabajo, lo que podría crear un riesgo o resultado en más lesiones graves o daños que las lesiones o los daños producidos por la fallo inicial;
- Para evitar cualquier sobretensión transitoria causada por la sobretensión de conmutación que resultaría si el circuito se re energizara. Sin embargo, debido a consideraciones de estabilidad del sistema, puede que no siempre sea posible desactivar la función de reconexión automática.

Subparte-V	Transmición y Distribución de Energía

V. Tablas de Distancia Mínimas de Enfoque.

A. Tablas de datos. Los empleadores/patrones pueden utilizar las distancias de aproximación mínimas de la Tabla 6 hasta el 31 de marzo 2015.

Tabla 6 – Distancias de Aproximación Mínimas hasta 31 de marzo 2015

Rango de voltaje de fase a fase (kV)	Exposición de fase a tierra		Exposición de fase a fase	
	m	ft	m	ft
2.1 a 15.0	0.64	2.1	0.61	2.0
15.1 a 35.0	0.71	2.3	0.71	2.3
35.1 a 46.0	0.76	2.5	0.76	2.5
46.1 a 72.5	0.91	3.0	0.91	3.0
72. 6 a 121	1.02	3.3	1.37	4.5
138 a 145	1.07	3.5	1.52	5.0
161 a 169	1.12	3.7	1.68	5.5
230 a 242	1.52	5.0	2.54	8.3
345 a 362 *	2.13	7.0	4.06	13.3
500 a 552 *	3.35	11.0	6.10	20.0
700 a 765 *	4.57	15.0	9.45	31.0

* La distancia mínima de enfoque puede ser la distancia más corta entre la parte energizada y la superficie de tierra.

B. Distancias de aproximación mínimas alternativas. Los empleadores/patrones pueden utilizar las distancias de aproximación mínimas en la Tabla 7 a través de la Tabla 14, siempre que el empleador/patrón sigua las notas a las tablas.

Tabla 7 - AC Distancias de aproximación mínimas - 72,6 a 121,0 kV

T (pu)	Exposición de fase a tierra		Exposición de fase a fase	
	m	ft	m	ft
15	0.67	2.2	0.84	2.8
16	0.69	2.3	0.87	2.9
1.7	0.71	2.3	0.90	3.0
1.8	0.74	2.4	0.93	3.1
1.9	0.76	2.5	0.96	3.1
2.0	0.78	2.6	0.99	3.2
2.1	0.81	2.7	1.01	3.3
2.2	0.83	2.7	1.04	3.4
2.3	0.85	2.8	1.07	3.5
2.4	0.88	2.9	1.10	3.6
2.5	0.90	3.0	1.13	3.7
2.6	0.92	3.0	1.16	3.8
2.7	0.95	3.1	1.19	3.9
2.8	0.97	3.2	1.22	4.0
2.9	0.99	3.2	1.24	4.1
3.0	1.02	3.3	1.27	4.2
3.1	1.04	3.4	1.30	4.3
3.2	1.06	3.5	1.33	4.4
3.3	1.09	3.6	1.36	4.5
3.4	1.11	3.6	1.39	4.6
3.5	1.13	3.7	1.42	4.7

Tabla 8 – AC Distancias de aproximación mínimas– 121.1 a 145.0 kV

T (pu)	Exposición de fase a tierra		Exposición de fase a fase	
	m	ft	m	ft
15	0.74	2.4	0.95	3.1
16	0.76	2.5	0.98	3.2
1.7	0.79	2.6	1.02	3.3
1.8	0.82	2.7	1.05	3.4
1.9	0.85	2.8	1.08	3.5
2.0	0.88	2.9	1.12	3.7
2.1	0.90	3.0	1.15	3.8
2.2	0.93	3.1	1.19	3.9
2.3	0.96	3.1	1.22	4.0
2.4	0.99	3.2	1.26	4.1
2.5	1.02	3.3	1.29	4.2
2.6	1.04	3.4	1.33	4.4
2.7	1.07	3.5	1.36	4.5
2.8	1.10	3.6	1.39	4.6
2.9	1.13	3.7	1.43	4.7
3.0	1.16	3.8	1.46	4.8
3.1	1.19	3.9	1.50	4.9
3.2	1.21	4.0	1.53	5.0
3.3	1.24	4.1	1.57	5.2
3.4	1.27	4.2	1.60	5.2
3.5	1.30	4.3	1.64	5.4

Tabla 9 - AC Distancias de aproximación mínimas – 145.1 a 169.0 kV

T (pu)	Exposición de fase a tierra		Exposición de fase a fase	
	m	ft	m	ft
15	0.81	2.7	1.05	3.4
16	0.84	2.8	1.09	3.6
1.7	0.87	2.9	1.13	3.7
1.8	0.90	3.0	1.17	3.8
1.9	0.94	3.1	1.21	4.0
2.0	0.97	3.2	1.25	4.1
2.1	1.00	3.3	1.29	4.2
2.2	1.03	3.4	1.33	4.4
2.3	1.07	3.5	1.37	4.5
2.4	1.10	3.6	1.41	4.6
2.5	1.13	3.7	1.45	4.8
2.6	1.17	3.8	1.49	4.9
2.7	1.20	3.9	1.53	5.0
2.8	1.23	4.0	1.57	5.2
2.9	1.26	4.1	1.61	5.3
3.0	1.30	4.3	1.65	5.4
3.1	1.33	4.4	1.70	5.6
3.2	1.36	4.5	1.76	5.8
3.3	1.39	4.6	1.82	6.0
3.4	1.43	4.7	1.88	6.2
3.5	1.46	4.8	1.94	6.4

Tabla 10 - AC Distancias de aproximación mínimas – 169.1 a 242.0 kV

T (pu)	Exposición de fase a tierra		Exposición de fase a fase	
	m	ft	m	ft
15	1.02	3.3	1.37	4.5
16	1.06	3.5	1.43	4.7
1.7	1.11	3.6	1.48	4.9
1.8	1.16	3.8	1.54	5.1
1.9	1.21	4.0	1.60	5.2
2.0	1.25	4.1	1.66	5.4
2.1	1.30	4.3	1.73	5.7
2.2	1.35	4.4	1.81	5.9
2.3	1.39	4.6	1.90	6.2
2.4	1.44	4.7	1.99	6.5
2.5	1.49	4.9	2.08	6.8
2.6	1.53	5.0	2.17	7.1
2.7	1.58	5.2	2.26	7.4
2.8	1.63	5.3	2.36	7.7
2.9	1.67	5.5	2.45	8.0
3.0	1.72	5.6	2.55	8.4
3.1	1.77	5.8	2.65	8.7
3.2	1.81	5.9	2.76	9.1
3.3	1.88	6.2	2.86	9.4
3.4	1.95	6.4	2.97	9.7
3.5	2.01	6.6	3.08	10.1

Tabla 11 - AC Distancias de aproximación mínimas – 242.1 a 362.0 kV

T (pu)	Exposición de fase a tierra		Exposición de fase a fase	
	m	ft	m	ft
15	1.37	4.5	1.99	6.5
16	1.44	4.7	2.13	7.0
1.7	1.51	5.0	2.27	7.4
1.8	1.58	5.2	2.41	7.9
1.9	1.65	5.4	2.56	8.4
2.0	1.72	5.6	2.71	8.9
2.1	1.79	5.9	2.87	9.4
2.2	1.87	6.1	3.03	9.9
2.3	1.97	6.5	3.20	10.5
2.4	2.08	6.8	3.37	11.1
2.5	2.19	7.2	3.55	11.6
2.6	2.29	7.5	3.73	12.2
2.7	2.41	7.9	3.91	12.8
2.8	2.52	8.3	4.10	13.5
2.9	2.64	8.7	4.29	14.1
3.0	2.76	9.1	4.49	14.7
3.1	2.88	9.4	4.69	15.4
3.2	3.01	9.9	4.90	16.1
3.3	3.14	10.3	5.11	16.8
3.4	3.27	10.7	5.32	17.5
3.5	3.41	11.2	5.52	18.1

Tabla 12 - AC Distancias de aproximación mínimas – 362.1 a 420.0 kV

T (pu)	Exposición de fase a tierra		Exposición de fase a fase	
	m	ft	m	ft
15	1.53	5.0	2.40	7.9
16	1.62	5.3	2.58	8.5
1.7	1.70	5.6	2.75	9.0
1.8	1.78	5.8	2.94	9.6
1.9	1.88	6.2	3.13	10.3
2.0	1.99	6.5	3.33	10.9
2.1	2.12	7.0	3.53	11.6
2.2	2.24	7.3	3.74	12.3
2.3	2.37	7.8	3.95	13.0
2.4	2.50	8.2	4.17	13.7
2.5	2.64	8.7	4.40	14.4
2.6	2.78	9.1	4.63	15.2
2.7	2.93	9.6	4.87	16.0
2.8	3.07	10.1	5.11	16.8
2.9	3.23	10.6	5.36	17.6
3.0	3.38	11.1	5.59	18.3
3.1	3.55	11.6	5.82	19.1
3.2	3.72	12.2	6.07	19.9
3.3	3.89	12.8	6.31	20.7
3.4	4.07	13.4	6.56	21.5
3.5	4.25	13.9	6.81	22.3

Tabla 13 - AC Distancias de aproximación mínimas – 420.1 a 550.0 kV

T (pu)	Exposición de fase a tierra		Exposición de fase a fase	
	m	ft	m	ft
15	1.95	6.4	3.46	11.4
16	2.11	6.9	3.73	12.2
1.7	2.28	7.5	4.02	13.2
1.8	2.45	8.0	4.31	14.1
1.9	2.62	8.6	4.61	15.1
2.0	2.81	9.2	4.92	16.1
2.1	3.00	9.8	5.25	17.2
2.2	3.20	10.5	5.55	18.2
2.3	3.40	11.2	5.86	19.2
2.4	3.62	11.9	6.18	20.3
2.5	3.84	12.6	6.50	21.3
2.6	4.07	13.4	6.83	22.4
2.7	4.31	14.1	7.18	23.6
2.8	4.56	15.0	7.52	24.7
2.9	4.81	15.8	7.88	25.9
3.0	5.07	16.6	8.24	27.0

Tabla 14 - AC Distancias de aproximación mínimas – 550.1 a 800.0 kV

T (pu)	Exposición de fase a tierra		Exposición de fase a fase	
	m	ft	m	ft
15	3.16	10.4	5.97	19.6
16	3.46	11.4	6.43	21.1
1.7	3.78	12.4	6.92	22.7
1.8	4.12	13.5	7.42	24.3
1.9	4.47	14.7	7.93	26.0
2.0	4.83	15.8	8.47	27.8
2.1	5.21	17.1	9.02	29.6
2.2	5.61	18.4	9.58	31.4
2.3	6.02	19.8	10.16	33.3
2.4	6.44	21.1	10.76	35.3
2.5	6.88	22.6	11.38	37.3

Notas a la Tabla 7 a través de la Tabla 14:

1) El empleador /patrón debe determinar la sobretensión transitoria por unidad esperada máxima, de fase a tierra, a través de un análisis de ingeniería, como lo requiere la seccion1926.960 (c) (1) (ii) , o asumir una sobretensión transitoria por unidad esperada máxima, de fase a tierra, de acuerdo con la Tabla V-8.

2) Para las exposiciones de fase a fase, el empleador/patrón debe demostrar que ninguna herramienta aislada se extienda por la brecha o espacio y que ningún objeto conductor grande está en la brecha o espacio.

3) El lugar de trabajo debe estar a una altura de 900 metros (3,000 pies) o menos sobre el nivel del mar.