Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial

Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

Decanato de Postgrado

Universidad Don Bosco

Centro de Estudio de Postgrado

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

"EVALUACIÓN DE RIESGOS EN SISTEMA DE POTENCIA DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN CENTRALES ELÉCTRICAS"

ABRIL 2019

Antiguo Cuscatlán, El Salvador

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS

UNIVERSIDAD DON BOSCO

“EVALUACIÓN DE RIESGOS EN SISTEMA DE POTENCIA DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN CENTRALES ELÉCTRICAS”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREPARADO PARA LA FACULTAD DE POSTGRADOS UCA

Y

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADOS UDB

PARA OPTAR AL GRADO DE

MAESTRA/O EN GERENCIA DE MANTENIMIENO INDUSTRIAL

POR

AVILÉS JOVEL VÍCTOR MANUEL

CASTILLO HERNÁNDEZ ELMER ERNESTO

MÉNDEZ SANDOVAL IDALIA BEATRIZ

ABRIL 2019

ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A

Rectores

Andreu Oliva de la Esperanza, S.J.

Mario Rafael Olmos Argueta, SDB.

Secretarias Generales

Silvia Elinor Azucena de Fernández

Yesenia Xiomara Martínez Oviedo

Decana de Postgrados UCA

Nelly Arely Chévez Reynosa

Decano de Postgrado UDB

Herbert Humberto Belloso Funes

Directores de la Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial

Laura Beatriz Orellana UCA

José Luis Martínez UDB

Director de Tesis

Ricardo José Figueroa Linares

Resumen.

Objetivos: Establecer procedimientos de seguridad eléctrica en los lugares de trabajos de la empresa.

Metodología: Estudio de norma nacionales, internacionales, análisis de descriptores de puestos de trabajo expuestos a riesgos eléctricos de los cuales se extrajeron actividades cotidianas y rutinarias.

Se estudió el método propuesto de William Fine y el propuesto por la NFPA-70E 2015 (Español).

Se efectuaron visitas de campo con el propósito de entrevistar al personal expuesto a riesgo eléctrico para contrastar las actividades descritas en los descriptores de puesto y comparar si estas corresponden con las actividades realizadas en la planta, de esta entrevista se extrajeron las actividades relacionadas a los riesgos eléctricos.

Las visitas a las plantas también brindaron información de herramientas, equipos de medición, EEP personal que se utiliza en la central.

La información recopilada sirvió de insumo para llevar acabo la evaluación de riesgos y posteriormente establecer controles administrativos, como el equipo de protección personal y herramientas adecuadas a las actividades desarrolladas.

Principales resultados de la investigación.

Se proponen controles administrativos como:

- Procedimiento de bloqueo y etiquetado.
- Permiso de trabajo energizado.
- Se establecen límites de aproximación.
- Se establece equipo de protección personal adecuado.

Bibliografía:

- Ley general de prevención de riesgos en lugares de trabajo. Decreto 254, Asamblea legislativa de la república de El Salvador, 21 de enero 2010.
- Reglamento general de prevención de riesgos en los lugares de trabajo república de El Salvador, 15 de junio 2000.
- Seguridad eléctrica en los lugares de trabajo NFPA 70E 2015.
- LA ROSA BOTONERO, Javier (2017). Informe sobre la norma IEC 60479. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PERÚ.

Contenido

JUSTIFICACIÓN vii
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ix
Objetivo general ix
Objetivos específicos ix
ALCANCES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ix
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS LEGALES 1
1.1 Normativas relacionadas a la seguridad eléctrica 1
1.2 Objetivos y alcances de las normas aplicadas en el trabajo de investigación 1
1.3 Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano 4
1.3.1 Factores que influyen en la resistencia del cuerpo humano 5
1.3.2 Efectos de la corriente eléctrica 6
1.4 Riesgos eléctricos 8
1.5 Límites de aproximación 9
1.6 Persona calificada según norma NFPA 70E 12
1.8 Procedimiento de evaluación de riesgos 14
1.9 Permiso para trabajo eléctrico energizado según NFPA 70E 16
1.10 Procedimientos de trabajo eléctricamente seguro 18
1.11 Trabajos en alta tensión 20
CAPÍTULO 2. RESULTADOS 21
2.1 Método de análisis de frontera de arco, utilizando la norma NFPA 70E 21
2.1.2 Análisis interruptor de máquina U2 25
2.1.3 Análisis interruptor de máquina U3 28
2.1.4 Análisis MC0, MC1, MC2 y MC3 31
2.1.5 Análisis Sala 4.16 kV RTA 34
2.1.6 Análisis Sala 480 V RTA 37
2.1.7 Análisis PC0 y PC1 40
2.1.8 Análisis PC2 y PC3 43
2.1.9 Análisis CCM U1 46
2.1.10 Análisis CCM U2 49
2.1.11 Análisis CCM U3 52
2.1.12 Análisis Sistema híbrido U1 55
2.1.13 Análisis Sistema híbrido U2 y U3 58

2.1.14 Análisis Panel T1 61
2.1.15 Análisis Panel T2 64
2.1.16 Análisis Panel T3 y T6 67
2.1.17 Análisis Panel T4 70
2.1.18 Análisis Panel T5 73
2.1.19 Análisis Panel T7 y T8 76
3.1.20 Análisis Panel T9 79
2.1.21 Análisis Panel T10 82
2.1.22 Análisis Panel T11 85
2.1.23 Análisis Panel T12 88
2.1.24 Análisis Panel T13 91
2.1.25 Análisis Caja invertidores 94
2.1.26 Análisis Caja taller eléctrico 97
2.2 Método para análisis de riesgo eléctrico anexo F de la norma NFPA 70E. 100
2.3 Procedimiento de bloqueo y etiqueta 104
2.4 Permiso para trabajo eléctrico energizado 110
CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 112
3.1 Conclusiones 112
3.2 Recomendaciones 113
GLOSARIO 114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 121
ANEXO A. TABLAS DE LA NORMA NFPA-70E 2015 EN ESPAÑOL UTILIZADAS EN CAPITULO 2. ..... A-1
ANEXO B. VIÑETAS PARA PROCEDIMIENTO DE BLOQUEO Y ETIQUETA B-1
ANEXO C. ETIQUETA INFORMATIVA PARA PERMISO DE TRABAJO ELÉCTRICO ENERGIZADO C-1
ANEXO D. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES AL DOCUMENO ESCRITO: ..D-1

Tabla 1. Valores de resistencia del cuerpo humano en función de la tensión de contacto tomado de LA ROSA BOTONERO, Javier (2017). Informe sobre la norma IEC 60479. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PERÚ. Página 36 6
Tabla 2. Clasificación de la severidad de las posibles heridas. 101
Tabla 3 Valores promedio de frecuencia y duración de la exposición. 101
Tabla 4. Valores de probabilidad de ocurrencia de evento peligroso 101
Tabla 5 Clasificación de la probabilidad de evitar los daños. 102
Tabla 6 Clasificación de riesgo utilizada de acuerdo a las tareas en centrales eléctricas 102
Tabla 7 Tareas utilizadas para el análisis de riesgo eléctrico 102
Tabla 8 Tareas utilizadas para el análisis de riesgo eléctrico (Continuación) 103

Figura 1. Efectos de la corriente alterna CA con 50/60 Hz en personas adultas tomado de LA ROSA BOTONERO, Javier (2017). Informe sobre la norma IEC 60479. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PERÚ.) 8
Figura 2. Ilustración de delimitación de frontera de arco, frontera de aproximación limitada y frontera de aproximación restringida. 10
Figura 3. Vista de planta de distancias físicas a objetos del interruptor de máquina U1... 23
Figura 4. Vista de planta de distancias físicas a objetos del interruptor de máquina. 26
Figura 5. Vista de planta de distancias físicas a objetos del interruptor de máquina 29
Figura 6. Distancias físicas a objetos MC0, MC1, MC2 y MC3 32
Figura 7. Distancias físicas a objetos Sala 4.16 kV RTA..... 35
Figura 8. Distancias físicas a objetos cercanos Sala 480 V RTA 38
Figura 9. Distancias físicas a objetos cercanos PC0 y PC1 41
Figura 10. Distancias físicas a objetos cercanos PC2 y PC3 44
Figura 11. Distancias físicas a objetos cercanos CCM U1 47
Figura 12. Distancias físicas a objetos cercanos CCM U2 50
Figura 13. Distancias físicas a objetos cercanos CCM U3 53
Figura 14. Distancias físicas a objetos Sistema híbrido U1 56
Figura 15. Distancias físicas a objetos Sistema híbrido U2 y U3..... 59
Figura 16. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T1 62
Figura 17. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T2 65
Figura 18. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T3 y T6..... 68
Figura 19. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T4 71
Figura 20. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T5 74
Figura 21. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T7 y T8..... 77
Figura 22. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T9 80
Figura 23. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T10..... 83
Figura 24. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T11..... 86
Figura 25. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T12..... 89
Figura 26. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T13..... 92
Figura 27. Distancias físicas a objetos cercanos Caja invertidores 95
Figura 28. Distancias físicas a objetos cercanos Caja taller eléctrico..... 98

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación que se presenta a continuación se desarrolla en una central eléctrica con el propósito de evaluar, identificar y controlar los riesgos eléctricos potenciales a los que el personal está expuesto en sus lugares de trabajo. Las normas utilizadas para respaldar el trabajo son la ley general de prevención de riesgos en los lugares de trabajo (Decreto 254), el reglamento general de prevención de riesgos en los lugares de trabajo, Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano (IEC 60479-1 año 1984) y la norma para seguridad eléctrica en los lugares de trabajo (NFPA 70E 2015).

En el capítulo 1 se presentan los peligros eléctricos: choque eléctrico y relámpago de arco; el conocimiento de los peligros es de suma importancia ya que posteriormente se desarrolla el procedimiento de evaluación de riesgos, en el capítulo 2 se presenta la metodología de evaluación de riesgo que será implementada y en el capítulo 3 se presentan las conclusiones y recomendaciones de la evaluación de riesgo respectos a los trabajos desarrollados en centrales eléctricas.

Del análisis de riesgo se establecen zonas o fronteras de aproximación limitada, restringida y de relámpago de arco; además se establecen límites de ingreso según las competencias personales de cada empleado, lo que lleva a la siguiente sección en la que se define el requerimiento para establecer el personal calificado.

Finalizada la base teórica se proponen procedimientos basados en el cumplimiento de la norma NFPA 70E 2015.

JUSTIFICACIÓN

La prevención de riesgos laborales es un pilar fundamental en toda empresa que aspire a lograr la excelencia en sus procesos productivos, garantizar la seguridad a los empleados implica que se cuenta con una excelente gestión de los activos tangibles, humanos, informáticos, intangibles y financieros.

Los activos tangibles están relacionados a la maquinaria, instalaciones, edificaciones, carreteras, equipos etc.

Entre los activos humanos se pueden considerar la motivación, comunicación, roles y responsabilidades, conocimiento, experiencia, liderazgo, trabajo en equipo etc.

La gestión de activos intangibles se relaciona a la reputación, la moral, impacto social, imagen etc.

Activos informáticos aquí podemos encontrar algún software que facilitan la gestión del mantenimiento como MAXIMO.

Algunos activos financieros que se deben tener presente en la gestión puede ser costo del ciclo de vida, criterios de inversión de capital, costo de operación.

La electricidad es vital para para el desarrollo de un país con ello se mueve las industrias que, generando bienes y servicios, nos proporcionan suministro de agua a través del bombeo, la industria textil nos proporciona la ropa que utilizamos diariamente, además la industria nos proporciona alimentación comidas enlatadas, cereales, materiales de construcción etc.

La electricidad es el motor de la sociedad, pero también puede ser fatal y ocasionar pérdidas humanas y materiales como los casos que se presenta a continuación.

Brayan Natanaél López, de 22 años, murió electrocutado esta tarde cuando instalaba fibra óptica en uno de los edificios de la colonia La Mascota, al poniente de San Salvador, informó Bomberos. FEB 22, 2017 (El diario de hoy)

Antonio Jiménez Alemán, de aproximadamente 59 años de edad, murió electrocutado mientras podaba un árbol en la colonia Belén del municipio de Sonsonate. Marzo 3, 2017 (Diario1.com)

En los casos anteriores se hace la observación de la necesidad del conocimiento de la electricidad y de la capacitación necesaria para realizar trabajos que implican un riesgo eléctrico.

Un incendio de grandes proporciones consumió el pasado 3 de enero la tienda de artículos de oficina, Office Depot y las bodegas del supermercado, Walmart, ubicada en el centro comercial las cascadas, en Santa Tecla. El cuerpo de Bomberos concluyó que el fuego se había originado por un cortocircuito, provocado de forma accidental por la mala manipulación de cables del sistema eléctrico.

Los tres casos expuestos nos alertan de los peligros de la electricidad y su consecuencia los cuales pueden ocasionar lesiones reversibles, cosquilleos, quemaduras de primer y segundo grado o pueden ser tan trágicas donde se tengan lesiones irreversibles quemaduras tercer grado, perdidas de miembros corporales o pueden llegar a ser fatales donde las personas pueden perder la vida.

En las empresas eléctricas siempre se subcontratan personal para ciertas actividades de mantenimientos sea esta poda, pintura, inspecciones, etc. Es importante comprender lo vulnerables que son esas personas ya que no conocen los riesgos asociados a las actividades a desarrollar dentro de las instalaciones. Por ello es importante generar procedimientos de trabajo que garanticen que todo el personal expuesto a riesgos eléctricos realice sus actividades de forma segura.

Es importante definir obligaciones del empleador, así como del empleado y por ello se estudiará ley general de prevención de riesgos en los lugares de trabajo.

Para dar cumplimiento a dicha ley también se estudia el reglamento general de prevención de riesgos en los lugares de trabajo.

Gestionando de forma adecuada las actividades de mantenimiento se puede asegurar reducir los riegos ya que las actividades serán desarrolladas con el equipo de protección personal adecuado a las tareas a realizar y siguiendo procedimientos establecidos.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

Establecer procedimientos de seguridad eléctrica en los lugares de trabajos de la empresa.

Objetivos específicos

1. Establecer y fijar responsabilidades tanto para el empleador como para el trabajador.
2. Conocer y aplicar las recomendaciones de las normas en materia de seguridad eléctrica.
3. Delimitar zonas seguras en base a diferentes parámetros eléctricos como niveles de voltaje, corriente de cortocircuito, etc.
4. Seleccionar equipos de protección individual apropiados a actividades que exponen al personal a riesgo eléctrico.
5. Establecer procedimientos de trabajo adecuados para labores que tengan alto riesgo eléctrico como puede ser mantenimiento, operación e inspección.

ALCANCES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se limita a establecer procedimiento, evaluación de riesgo en lugares de trabajo en cuanto a seguridad eléctrica se refiere; se escogieron equipos tipo paneles eléctricos e interruptores, siguiendo el criterio de nivel de voltaje en la planta de generación: comenzando por los interruptores de máquina (13.8 kV) estos interruptores se encuentran protegiendo al generador y dicho equipo se encuentra en un área abierta donde es de libre acceso para todo el personal desde actividades de limpieza como propias del mantenimiento, paneles de distribución primaria (4.16 kV) estos se encuentran en una sala donde existe el acceso restringido, paneles de distribución secundaria (4.16 kV, 480 V) que también se encuentran en una sala de acceso restringido y protegen motores de uso continuo, y llegamos hasta los paneles tipo residencial (240/120 V) que

son los más representativos por su ubicación. Si bien otras fuentes de energía implican alto potencial de riesgo para las personas estos no serán evaluados. La norma base de aplicación es la ley general de prevención de riesgo en los lugares de trabajo en El Salvador y para cumplir el alcance en su totalidad se apoyará en el Reglamento de prevención de riesgos en los lugares de trabajo (decreto 89) y en la NFPA 70E 2015 seguridad eléctrica en los lugares de trabajo.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS LEGALES

1.1 Normativas relacionadas a la seguridad eléctrica

El objetivo de este capítulo es presentar las bases legales y técnicas que permitan al lector comprender los fundamentos básicos que serán aplicadas para garantizar la seguridad eléctrica en los lugares de trabajo.

1.2 Objetivos y alcances de las normas aplicadas en el trabajo de investigación

Convenio 155 de la Organización Internacional del Trabajo sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981. Establece obligaciones responsabilidades y deberes relacionados a la seguridad, la higiene y el medio ambiente del trabajo para aquellas naciones que firme dicho convenio.

LGPRLT (decreto 254): ley general de prevención de riesgo en los lugares de trabajo, el objeto de esta ley es establecer los requisitos de seguridad y salud ocupacional que deben aplicarse en los lugares de trabajo, a fin de establecer el marco básico de garantías y responsabilidades que garantice un adecuado nivel de protección de la seguridad y salud de los trabajadores y trabajadoras.

Obligaciones del empleador

Entrenamiento de manera teórica y práctica, en forma inductora y permanente a los trabajadores y trabajadoras sobre sus competencias, técnicas y riesgos específicos de su puesto de trabajo, así como sobre los riesgos ocupacionales generales de la empresa, que le puedan afectar. Decreto 254-Art. 8-5.

Establecimiento del programa de exámenes médicos y atención de primeros auxilios en el lugar de trabajo. Decreto 254-Art. 8-6.

Para procedimientos enfocados en la manipulación de los interruptores de baja y media tensión, una de las obligaciones del empleador se describe en el artículo siguiente. Art.

36.- Todo lugar de trabajo debe contar con un sistema de señalización de seguridad que sea visible y de comprensión general. Decreto 254

Es obligación del empleador proveer a cada trabajador su equipo de protección personal, ropa de trabajo, herramientas especiales y medios técnicos de protección colectiva necesarios conforme a la labor que realice y a las condiciones físicas y fisiológicas de quien las utilice, así como, velar por el buen uso y mantenimiento de éste; el cumplimiento de esta disposición en ningún caso implicará carga financiera al trabajador o trabajadora. Art 38 Decreto 254.

Cuando se utilice maquinaria o equipo de trabajo que implique un riesgo para sus operarios, deberá capacitarse previamente al trabajador o trabajadora. Además, será obligación del empleador proveer el equipo de protección personal adecuado para la maquinaria o equipo de que se trate y deberán crearse procedimientos de trabajo que ayuden a prevenir riesgos. Art 39 Decreto 254.

Obligaciones del empleado: Art 38 Decreto 254

1. Todo trabajador y trabajadora estará obligado a cumplir con los reglamentos, normas y recomendaciones técnicas dictadas, así como con las instrucciones del empleador adoptadas en el marco de la normativa aplicable, en lo que se refiere al uso y conservación del equipo de protección personal que le sea suministrado, a las operaciones y procesos de trabajo y al uso y mantenimiento de maquinaria.
2. Velar por su propia seguridad cumpliendo las normas de prevención adoptadas por la empresa.
3. Utilizar la maquinaria y equipo de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el empleador.
4. Portar siempre el equipo de protección personal que le ha sido proporcionado, mantenerlo en buenas condiciones y utilizarlo de acuerdo a las instrucciones.
5. Informar de inmediato a su superior jerárquico o a las personas designadas para tal efecto, de cualquier riesgo potencial para su seguridad y la de sus compañeros de trabajo.

REGLAMENTO DE GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LOS LUGARES DE TRABAJO (Decreto 86): Establece los lineamientos que desarrollan lo preceptuado por la ley general de riesgos en los lugares de trabajo en lo referente a la gestión, el cual abarca la conformación y funcionamiento de estructuras de gestión, incluyendo los

respectivos comités de seguridad y salud ocupacional y delegados de prevención, la formación e implementación del programa de gestión de prevención de riesgos ocupacionales y los registros documentales y notificaciones relativos a tales riesgos.

REGLAMENTO GENERAL DE PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LOS LUGARES DE TRABAJO (Decreto 89): Tiene por objeto regular la aplicación de la Ley General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo, en lo relativo a condiciones de Seguridad e Higiene en que deben desarrollarse las labores, a fin de eliminar o controlar los factores de riesgos en los puestos de trabajo, sean éstos de naturaleza mecánica o estructural, física, química, ergonómica, biológica o psicosocial; todo con el propósito de proteger la vida, salud, integridad física, mental y moral de los trabajadores y trabajadoras.

Art. 90.- Decreto 89 Para cumplir los aspectos relacionados con el equipo de protección personal, el empleador estará obligado a lo siguiente:

1. Analizar y evaluar los riesgos existentes que no puedan evitarse o limitarse suficientemente por otros medios.

2. Determinar los puestos de trabajo en los que deba recurrirse a la protección personal, de acuerdo al análisis de riesgos para cada uno de estos puestos, el riesgo o riesgos frente a los que debe ofrecerse protección, las partes del cuerpo a proteger y el tipo de equipo o equipos de protección individual que deberán utilizarse.

3. Proporcionar gratuitamente a los trabajadores los equipos de protección personal que deban utilizar, reponiéndolos cuando resulte necesario.

4. Asegurar que el mantenimiento de los equipos se realice conforme a lo dispuesto por el fabricante, en base a norma aplicada del equipo.

Art.96-5 Decreto 89. Se prohibirá el uso de elementos que puedan originar un riesgo adicional de accidente en las zonas de producción como: Corbatas, bufandas, tirantes, pulseras, cadenas, collares, anillos y otros objetos que originen riesgo alguno.

NFPA 70E: Esta norma comprende los requisitos de seguridad eléctrica para los lugares de trabajo de los empleados que son necesarios para la seguridad práctica de ellos en su empleo. Su contenido ha sido intencionalmente limitado en comparación con el contenido

del NEC, para aplicarlo a una instalación eléctrica o a un sistema eléctrico, como parte del lugar de trabajo de un empleado, tiene el propósito para que la usen: empleadores, empleados y OSHA (La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional es una agencia del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos)

De la sección se puede concluir que la normativa nacional considera el riesgo eléctrico de manera general, no proporciona los equipos de protección personal adecuados ni proporciona procedimientos de evaluación de riegos, por lo cual se reforzara utilizando la n Norma para la seguridad eléctrica en lugares de trabajo (NFPA 70E 2015) con el objetivo de abordar la problemática de una forma más específica.

1.3 Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano

Dado que se requiere hacer un análisis de riesgos eléctricos en las plantas, es importante comenzar por explicar cuáles son los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano y que factores están involucrados en el posible daño ocasionado; se tomara como referencia la norma IEC 60479-1 Effects of Current Passing Through the Body. (Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano).

Conceptos básicos sobre electricidad:

Resistencia**:** Es la medida del grado de dificultad que ofrece un cuerpo para que la corriente eléctrica circule por él, unidad de medida es ohm (Ω).

Tensión: También llamada diferencia de potencial o voltaje, está relacionada con la capacidad de trabajo que puede realizar una carga eléctrica, unidad de medida Voltio (V).

Corriente: Es el flujo de electrones que recorre el cuerpo humano o un conductor, se debe al movimiento de las cargas en el interior del mismo, unidad de medida amperio (A).

Choque eléctrico: Efecto fisiológico resultante de la circulación de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Si se produce la muerte del accidentado se habla de electrocución. El choque eléctrico se manifiesta cuando el cuerpo humano toca parte de circuitos eléctricos energizados y se puede dar de manera directa o indirectamente.

La cantidad de corriente eléctrica que circula por el cuerpo humano está dada por la ley de ohm descrita por $I = \frac{V}{R}$ donde I representa el valor de la corriente que atraviesa el cuerpo, V representa el valor de la tensión al que se está expuesto y R representa el valor de la resistencia del cuerpo, como regla general a mayor corriente circulante por el cuerpo humano existe mayor riesgo de daño.

1.3.1 Factores que influyen en la resistencia del cuerpo humano

Por lo expuesto anteriormente se puede establecer que a menor resistencia del cuerpo humano mayor es el riesgo a sufrir daño grave por una descarga eléctrica, por lo cual es importante definir los factores que influyen en la resistencia del cuerpo, entre los más importantes podemos destacar el recorrido de la corriente a través del cuerpo, la tensión de contacto, la presión de contacto ejercida, la temperatura, características fisiológicas del individuo, humedad en las partes de contacto, etc.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta valores típicos de resistencia del cuerpo humano para una trayectoria mano-mano en piel seca en una superficie de contacto de 50-100 cm^2 para diferentes valores de voltaje de contacto, ya que el valor de la resistencia no es constante en una población afectada se realiza un análisis para 3 categorías, el primer valor de resistencia es el límite de resistencia que no es superado por el 5% de la población, el cual tiende a ser un valor bajo en comparación a los otros valores, por lo tanto representa mayor circulación de corriente por el cuerpo; el segundo valor es el límite no superado por el 50% de la población y el tercer valor es el límite no superado por el 95% de la población, este análisis indica que altos valores de corriente tienen mayor probabilidad de circulación si se escogiera un individuo al azar en cierta población definida.

Resistencia del cuerpo humano en función de la tensión de contacto			
Corriente alterna 50 - 60 Hz	Trayectoria mano - mano, piel seca , superficie de contacto 50 - 100cm2		
	Impedancia total del cuerpo humano (Ω) que no es superada por el:		
Tensión de contacto (V)	**5% de las personas**	**50% de las personas**	**95% de las personas**
25	1750	3250	6100
50	1450	2625	4375
75	1250	2200	3500
100	1200	1875	3200
127	1125	1625	2875
230	1000	1350	2125
700	750	1100	1550
1000	700	1050	1500
> 1000	600	750	850

Tabla 1. Valores de resistencia del cuerpo humano en función de la tensión de contacto tomado de LA ROSA BOTONERO, Javier (2017). Informe sobre la norma IEC 60479. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PERÚ. Página 36

1.3.2 Efectos de la corriente eléctrica

A partir del valor de corriente eléctrica circulando en diferentes partes del cuerpo este podría sufrir los siguientes efectos adversos:

1. Tetanización o contracción muscular. Consiste en la anulación de la capacidad de reacción muscular que impide la separación voluntaria del punto de contacto (los músculos de las manos y los brazos se contraen sin poder relajarse). Normalmente este efecto se produce cuando se superan los 10mA.
2. Asfixia: Se produce cuando la corriente eléctrica atraviesa el tórax, el choque eléctrico tetaniza el diafragma torácico y como consecuencia de ello los pulmones no tienen capacidad para aceptar aire ni para expulsarlo. Este efecto se produce a partir de 25-30 mA.
3. Quemaduras: Internas o externas por el paso de la intensidad de corriente a través del cuerpo por efecto joule o por la proximidad al arco eléctrico. Se producen zonas de necrosis (tejidos muertos), y las quemaduras pueden llegar a alcanzar órganos vecinos profundos, músculos, nervios e inclusos a los huesos. La considerable energía disipada por efecto Joule, puede provocar la coagulación

irreversible de las células de los músculos estriados e incluso la carbonización de las mismas

4. Fibrilación ventricular: Se produce cuando la corriente pasa por el corazón y su efecto en el organismo se traduce en un paro circulatorio por rotura del ritmo cardíaco. El corazón, al funcionar incoordinadamente, no puede bombear sangre a los diferentes tejidos del cuerpo humano. Ello es particularmente grave en los tejidos del cerebro donde es imprescindible una oxigenación continua de los mismos por la sangre. Se presenta con intensidades del orden de 100 mA y es reversible si el tiempo de contacto es inferior a 0.1 segundo. La fibrilación se produce cuando el choque eléctrico tiene una duración superior a 0.15 segundos.
5. Lesiones permanentes: Producidas por destrucción de la parte afectada del sistema nervioso (parálisis, contracturas permanentes, etc.) o extremidades del cuerpo.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra un gráfico de corriente circulante por el cuerpo contra tiempo de duración de la circulación, para el estudio se consideró personas de 50 kg o más para una circulación de corriente por las extremidades (mano-mano o mano-pies), dicho grafico esta seccionado en diferentes zonas a partir de los efectos ocasionados por la corriente para ciertos niveles de exposición, las zonas consideradas en el grafico son las siguientes:

Zona 1: Habitualmente ninguna reacción.

Zona 2: Habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.

Zona 3: Habitualmente ningún daño orgánico. Probabilidad de contracciones musculares y de dificultades de respiración. Probabilidad de perturbaciones reversibles en la formación y propagación de impulsos en el corazón, incluyendo paradas cardíacas transitorias sin fibrilación ventricular, todo ello aumentando con el valor de la corriente y el tiempo.

Zona 4: Además de los efectos de la zona 3, existe probabilidad de fibrilación ventricular por encima de la curva c1, esta probabilidad puede aumentar hasta alrededor de un 5% entre las curvas c1 y c2, hasta alrededor de un 50% entre las curvas c2 y c3 y por encima del 50% más allá de la curva c3. También pueden ocurrir efectos fisiopatológicos (aumentando con la corriente y con el tiempo) tales como parada cardíaca, parada respiratoria y quemaduras graves.

Umbral de percepción: a partir de 0.5 mA la corriente circulante puede ser percibida por el individuo expuesto.

Umbral de no soltar: Esta curva indica el límite donde existe cierta probabilidad de contracciones musculares involuntarias que dificulten la liberación de la persona que sufre la descarga, esto puede ocasionar aumentos en la exposición provocando un mayor daño resultante.

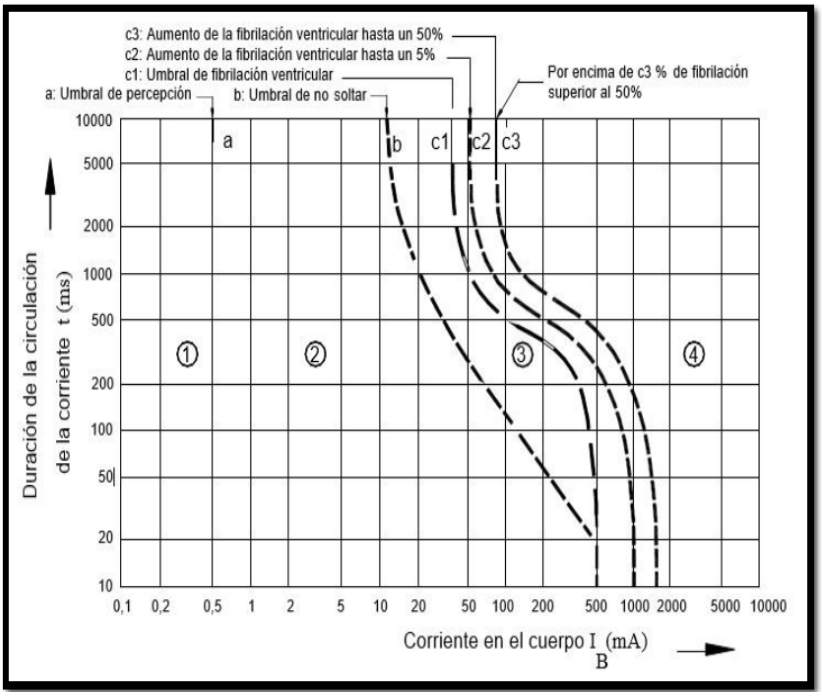

Figura 1. Efectos de la corriente alterna CA con 50/60 Hz en personas adultas tomado de LA ROSA BOTONERO, Javier (2017). Informe sobre la norma IEC 60479. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PERÚ.)

1.4 Riesgos eléctricos

En el decreto 254 Ley general de prevención de riesgos en los lugares de trabajo exige identificar, controlar y dar seguimiento permanente a los riesgos ocupacionales presentes para la salud de los trabajadores y trabajadoras, actuando en la eliminación y adaptación de las condiciones de trabajo.

Para dar cumplimiento al artículo anterior los riesgos eléctricos se pueden dividir en dos grupos, (NFPA 70E edición 2015 español).

1. Choque eléctrico
2. Relámpago de arco

Peligro de choque eléctrico: Una condición asociada con la posible liberación de energía causada por el contacto o aproximación con conductores o partes del circuito eléctrico energizado.

El choque eléctrico se presenta de manera directa o indirecta, se presenta de manera directa cuando se toca cables conductores de electricidad y de manera indirecta cuando la carcasa de los equipos está energizada debido a pérdidas en el aislamiento de conductores internos

Las consecuencias varían dependiendo del voltaje de contacto, condiciones físicas de la persona, entre otros. Los efectos de la corriente eléctrica por el cuerpo humano se describieron en el capítulo 1.3.

Peligro de Relámpago de arco: Cuando la corriente eléctrica pasa a través de aire entre conductores no puestos a tierra o entre conductores no puestos a tierra y conductores puestos a tierra, la temperatura puede llegar a 35,000°F estas altas temperaturas puede quemar la ropa y la piel de la persona.

Puede existir un riesgo de relámpago de arco cuando partes de circuitos o conductores eléctricos energizados están expuestos o cuando están en el interior de equipos en condición de resguardado o encerrados, siempre que una persona esté interactuando con el equipo de manera tal que podría provocar un arco eléctrico. Bajo condiciones operativas normales, no es probable que los equipos encerrados energizados, que hayan sido apropiadamente instalados y mantenidos, planteen un riesgo de relámpago de arco.

La severidad o posibles heridas, ceguera temporal o permanente, quemaduras de primero segundo o tercer grado, golpes por la onda expansiva.

1.5 Límites de aproximación

Art. 58.-Decreto 89 Se deberá mantener una distancia mínima de seguridad para evitar que ocurran daños personales y materiales por contacto de líneas eléctricas energizadas con personas, equipos, instalaciones o superficies.

Las distancias mínimas de seguridad a partes energizadas descubiertas de las partes energizadas que operen a una tensión o voltaje mayor de 150 voltios a tierra sin recubrimiento aislante adecuado deberán protegerse de acuerdo con su tensión contra el contacto accidental de personas, ya sea que se usen resguardos especiales o bien localizando las partes energizadas respecto a los sitios donde pueden circular o trabajar personas, a una altura y con una distancia horizontal igual o mayor que las indicadas.

Las fronteras o límites de protección que se estudiará son las propuestas por la NFPA 70E 2015, como puede verse en la figura 2.

1. Frontera de relámpago de arco.
2. Frontera de aproximación limitada
3. Frontera de aproximación restringida

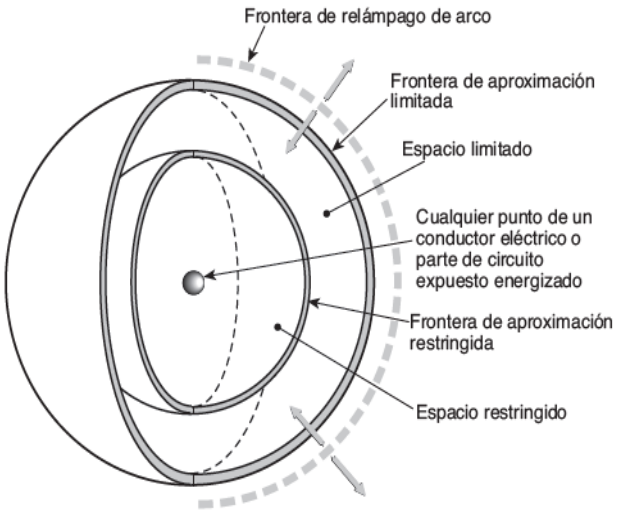

Figura 2. Ilustración de delimitación de frontera de arco, frontera de aproximación limitada y frontera de aproximación restringida.

Frontera de relámpago de arco (Boundary, Arc Flash): Cuando existe un peligro de relámpago de arco, el límite de aproximación a una distancia desde la fuente potencial de arco, dentro de la cual una persona puede recibir una quemadura de segundo grado si ocurriera un relámpago de arco eléctrico.

Por definición la frontera de arco es aquella que tiene una probabilidad de una quemadura de segundo grado, en la cual la energía incidente por encima del nivel de energía incidente de 5 J/cm2 (1.2 cal/cm2).

Energía incidente es la cantidad de energía térmica expuesta sobre una superficie a una cierta distancia de la fuente generada durante un evento de arco eléctrico. La energía incidente generalmente es expresada en calorías sobre centímetro cuadrado (cal/cm^2).

El personal debe usar ropa de protección y otros equipos complementarios cuando se ingrese a la frontera de relámpago de arco.

Frontera de aproximación limitada (Boundary, Limited Approach): Un límite de aproximación a una distancia desde un conductor expuesto o parte del circuito energizado dentro de la cual aumenta el peligro de choque.

Las personas no calificadas no deberán tener acceso a sobrepasar la frontera de aproximación limitada. En caso de encontrarse realizando una actividad cerca de la frontera de aproximación limitada se le debe alertar del riesgo que presenta estar cerca de esta zona, además se le debe advertir para que dicha zona no debe ser cruzada.

En caso de ser necesario que una persona no calificada tenga acceso a la frontera de aproximación limitada una persona calificada debe escoltar al personal no calificado en todo momento además de advertir las medidas de seguridad necesarias para disminuir el riesgo en dicha zona.

Frontera de aproximación restringida (Boundary, Restricted Approach): Un límite de aproximación a una distancia desde un conductor expuesto o parte del circuito energizado dentro de la cual aumenta la probabilidad de choque eléctrico, debido al arco eléctrico ocasionado por movimientos involuntarios, para personal que trabaja cerca del conductor eléctrico o parte de circuito energizado.

Para el cálculo de las fronteras de aproximación limitada y restringida se usa la tabla 130.4(D)(a) de la norma NFPA 70E 2015.

1.6 Persona calificada según norma NFPA 70E

Persona que ha demostrado habilidades y conocimientos relacionados con la construcción y el funcionamiento de las instalaciones y los equipos eléctricos y que ha recibido capacitación en seguridad para identificar y evitar los peligros implicados.

Una persona puede ser considerada calificada con respecto a ciertos equipos y métodos, pero aun así no estar calificada para otros.

1. Reconocer y evitar los peligros eléctricos que se puedan presentar con respecto a ese equipo o método de trabajo (choque eléctrico, relámpago de arco)
2. Conocer procedimientos (candado etiqueta, permisos de trabajo, prácticas de trabajo seguras)
3. Debe reconocer entre materiales aislantes y de blindajes y herramientas aislantes y equipos de prueba.

Una persona calificada tiene permitido trabajar en la frontera de aproximación limitada y debe haber recibido entrenamiento adicional en lo siguiente:

1. Entrenamiento de liberación a las víctimas del contacto con conductores eléctricos expuestos o partes de circuitos energizados.
2. Capacitación en primeros auxilios.
3. Destrezas y técnicas para distinguir entre conductores o partes de circuitos eléctricos energizados expuesto.
4. Destrezas y técnicas necesarias para determinar la tensión nominal de conductores y partes de circuitos energizados expuesta.
5. Las fronteras de aproximación y las tensiones a las que la persona calificada está expuesta.
6. El proceso de toma de decisiones necesario para hacer lo siguiente:
    a. Efectuar planificación de seguridad de la tarea.
    b. Identificar los peligros eléctricos
    c. Evaluar los riesgos asociados.
    d. Seleccionar los métodos de control de riesgos apropiados en eliminación, sustitución, controles de energía, advertencias, controles administrativos EPP.

7. Los empleados deben ser entrenados para seleccionar el instrumento o equipo de prueba específico y deben demostrar cómo usarlo para verificar la ausencia de tensión incluyendo la interpretación de la información suministrada por el dispositivo. El entrenamiento debe incluir información que permita al empleado comprender las limitaciones de cada equipo de prueba específico que pueda ser utilizado.

El empleador debe determinar, mediante una supervisión regular o mediante inspecciones llevadas a cabo con una frecuencia mínima anual, que cada empleado cumple con las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad requerida.

Se debe reentrenar en prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad y cambios aplicables de las normas en intervalos que no excedan los 3 años.

1. Un empleado debe recibir reentrenamiento adicional si en la supervisión anual se determina que no está cumpliendo con las prácticas de seguridad relacionadas al trabajo.
2. Si existe nuevos equipos, cambio de tecnología o cambios en los procedimientos.
3. Si existen prácticas de trabajo relacionadas a la seguridad que no son normalmente utilizadas.

Se debe documentar los entrenamientos y el empleador debe garantizar que cada empleado haya recibido el entrenamiento requerido. Esta documentación se debe hacer cuando el empleado demuestra sus destrezas en las prácticas de trabajo pertinentes y deben ser mantenidas durante la duración del empleo del empleado.

La documentación debe incluir el contenido del entrenamiento, el nombre de cada uno de los empleados, y las fechas del entrenamiento.

Se sugiere que el contenido del entrenamiento puede incluir uno o más de los siguientes: programa de estudios, currículo del curso, esquema, tabla de contenidos u objetivos del entrenamiento.

El acceso del personal no calificado no debe ser permitido en esta zona en ninguna circunstancia, el personal calificado debe cumplir ciertos requerimientos para tener acceso a dicha frontera.

1.7 Personas no calificadas según norma NFPA 70E

Las personas no calificadas están seguras cuando mantienen una distancia de los conductores y partes de circuitos energizados expuestos, incluyendo el objeto conductor más largo que se esté manipulando, de tal manera que ellos no puedan tener contacto o entrar en la distancia de aislamiento de aire especificada para los conductores o partes de circuitos eléctricos energizados. Esta distancia segura de aproximación es la frontera limitada.

Las personas no deben cruzar la frontera de relámpago de arco a menos que estén vestidos con ropa de protección personal apropiada y se encuentren bajo la estricta supervisión de una persona calificada.

Las personas no calificadas deberían cruzar la frontera de aproximación limitada únicamente cuando se encuentran continuamente escoltadas por una persona calificada. En ninguna circunstancia una persona no calificada debería cruzar la frontera de aproximación restringida, donde se requieran técnicas o equipos especiales de protección contra choque.

1.8 Procedimiento de evaluación de riesgos

Art. 129.- Decreto 89. El empleador deberá realizar una evaluación de los riesgos para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores que estén o puedan estar expuestos a agentes físicos considerados como nocivos a fin de determinar las medidas que habrán de adoptarse.

En la evaluación se determinará la naturaleza y peligrosidad del agente, las condiciones de la exposición, tiempo de exposición a las mismas y su intensidad, así como cualquier otra circunstancia o característica que pueda tener efectos sobre la seguridad o la salud de los trabajadores expuestos.

La evaluación de los riesgos higiénicos industriales en el lugar de trabajo deberá partir de:

1. La evaluación inicial de los riesgos que se deberá realizar con carácter general y que tendrá entre sus objetivos la identificación y evaluación de los riesgos físicos, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, la cual se deberá de realizar con un periodo de una vez al año.
2. Esta evaluación será actualizada cuando se produzcan modificaciones del proceso para la elección de los equipos de protección personal, en la elección de sustancias o preparados químicos que afecten el grado de exposición de los trabajadores a dichos agentes, en la modificación del acondicionamiento de los lugares de trabajo cuando se detecte en algún trabajador o grupo de trabajadores una intoxicación o enfermedad atribuible a una exposición a estos agentes.

La evaluación de riesgos es un proceso analítico que consta de una cantidad de pasos discretos, previstos para garantizar que los riesgos sean apropiadamente identificados y analizados con respecto a su severidad y a la posibilidad de que ocurran. (NFPA 70E 2015)

La evaluación de riesgo incluye una revisión integral de los riesgos, las probables tareas asociadas y las medidas de protección que se requieren para mantener un nivel de riesgo tolerable, incluido lo siguiente:

a) Identificación y análisis de los peligros eléctricos.
b) Identificación de las tareas que se van a llevar a cabo.
c) Documentación de los peligros asociados con cada una de las tareas (Planos, análisis previos, inspecciones, historial de mantenimiento)
d) Estimación del riesgo para cada par peligro/tarea.
e) Determinación de las medidas de protección apropiadas necesarias para reducir suficientemente el nivel de riesgo.

Para dar cumplimiento al artículo anterior, actualmente la empresa utiliza el método William-Fine para la evaluación de riesgos. En este trabajo se implementará el método propuesto en el anexo F de la norma NFPA 70E versión 2015 en español, el cual se desarrolla en el capítulo 2.2.

1.9 Permiso para trabajo eléctrico energizado según NFPA 70E

Se requiere un permiso de trabajo eléctrico energizado bajo las siguientes condiciones:

1. Cuando se realizan trabajos dentro de la frontera de aproximación restringida personal en entrenamiento.
2. Cuando el empleado interactúa con el equipo mientras conductores o partes del circuito no se encuentran expuestas, pero existe un aumento de la probabilidad de ocurrir heridas.

El trabajo energizado será permitido (Art 130.2)

1. Donde el empleador pueda demostrar que desenergizar introducirá peligros adicionales o incrementará los riesgos.
2. Donde la tarea a desarrollar es inevitable en estado desenergizado debido al diseño del equipo o por limitaciones operativas.
3. El voltaje es menor a 50 V.

Art 130.2 (B)(2) Elementos del permiso de trabajo. El permiso de trabajo eléctrico energizado debe incluir, pero no estar limitado a los siguientes ítems:

1. Descripciones de los circuitos y equipos en que se va a trabajar y su localización.
2. Justificación de por qué se debe realizar el trabajo en condición energizada [ver 130.2(A), NFPA 70E Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. (2015). National Fire Protection Association. Estados Unidos: Comité de Correlación del Código Eléctrico Nacional].
3. La descripción de las prácticas de trabajo seguro que se emplearán [ver 130.3, NFPA 70E Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. (2015). National Fire Protection Association. Estados Unidos: Comité de Correlación del Código Eléctrico Nacional].
4. Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A), NFPA 70E Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. (2015). National Fire Protection Association. Estados Unidos: Comité de Correlación del Código Eléctrico Nacional].

a. Tensión a la que el personal estará expuesto
b. Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b), NFPA 70E Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. (2015). National Fire Protection Association. Estados Unidos: Comité de Correlación del Código Eléctrico Nacional], anexo 1.
c. Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b), NFPA 70E Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. (2015). National Fire Protection Association. Estados Unidos: Comité de Correlación del Código Eléctrico Nacional], anexo 2.
d. Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.4(C), 130.7(C)(1) a (C)(16), Tabla 130.7(C)(15)(A)(a), Tabla 130.7(C)(16) y 130.7(D), NFPA 70E Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. (2015). National Fire Protection Association. Estados Unidos: Comité de Correlación del Código Eléctrico Nacional], anexo 3.

5. Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5, NFPA 70E Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. (2015). National Fire Protection Association. Estados Unidos: Comité de Correlación del Código Eléctrico Nacional].
    a. Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5, NFPA 70E Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. (2015). National Fire Protection Association. Estados Unidos: Comité de Correlación del Código Eléctrico Nacional].
    b. EPP necesario para proteger del peligro [ver puntos 130.5(C), 130.7(C)(1) a (C)(16), Tabla 130.7(C)(15)(A)(a), Tabla 130.7(C)(16), y 130.7(D), NFPA 70E Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. (2015). National Fire Protection Association. Estados Unidos: Comité de Correlación del Código Eléctrico Nacional]
    c. Frontera de relámpago de arco [ver 130.5(B)].

6. Medios empleados para restringir el acceso de personas no calificadas al área de trabajo [ver 130.3, NFPA 70E Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. (2015). National Fire Protection Association. Estados Unidos: Comité de Correlación del Código Eléctrico Nacional].
7. Evidencia de la compleción de la descripción del trabajo, incluyendo una discusión sobre los peligros específicos del trabajo [ver 130.3, NFPA 70E Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. (2015). National Fire Protection Association. Estados Unidos: Comité de Correlación del Código Eléctrico Nacional].
8. Firma(s) de aprobación del trabajo energizado.

1.10 Procedimientos de trabajo eléctricamente seguro

Art. 80.- Cuando se empleen máquinas con elementos peligrosos accesibles que no puedan ser totalmente protegidos, deberán adoptarse procedimientos de trabajo seguros y utilizarse los medios de protección personal adecuados, para reducir los riesgos al mínimo posible. Decreto 89

Art. 89.- Se entenderá por equipo de protección personal, cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin decreto 89.

Art. 92.- Para garantizar la efectividad y tiempo de vida útil del equipo de protección personal, se deberá cumplir con lo dispuesto a continuación:

1. La utilización, almacenamiento, mantenimiento, limpieza y la desinfección cuando proceda, de los equipos de protección personal, deberá efectuarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
2. Deberán señalizarse las zonas en las que se requiera el uso de equipo de protección personal específico.
3. El equipo de protección personal deberá ser utilizado por todas las personas que ocupen los lugares en los que se requiera, aunque no laboren en el mismo, incluyendo personal externo y visitas. Decreto 8.

Art. 93.- Las trabajadoras y trabajadores que realicen tareas con equipos eléctricos, deben ser provistos de equipos de protección personal, consistente entre otros:

1. Guantes dieléctricos de acuerdo al tipo de voltaje con que se trabaja
2. Botas dieléctricas de acuerdo al tipo de voltaje con que se trabaja
3. Casco de Protección para la cabeza de las clases necesarias
4. Arnés, cinturones y faja de seguridad
5. Gafas contra impactos, flamazos o proyección de partículas
6. Ropa de trabajo
7. Chalecos fluorescentes
8. Capote

El equipo deberá ser inspeccionado periódicamente y conservado en buenas condiciones. Decreto 89

Art. 96-5, decreto 89- La ropa de trabajo, según la característica de la labor, deberá cumplir lo siguiente: Se prohibirá el uso de elementos que puedan originar un riesgo adicional de accidente en las zonas de producción como: Corbatas, bufandas, tirantes, pulseras, cadenas, collares, anillos y otros objetos que originen riesgo alguno.

Un circuito desenergizado no debe ser considerado en condición segura de trabajo hasta completar todos los pasos del procedimiento antes expuesto, esto incluye el bloqueo y etiquetado además de la conexión a tierra donde sea necesario.

Un conductor o parte de un circuito debe ser puesto en condiciones de trabajo eléctricamente seguras antes que el empleado comience el trabajo si existe cualquiera de las siguientes condiciones:

1. El empleado se encuentra dentro de la frontera de aproximación limitada.
2. El empleado interactúa con equipos en los que los conductores o partes del circuito no se encuentran expuestos, pero existe un aumento en la probabilidad de heridas provocadas por exposición a relámpago de arco.

Las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad eléctrica deben ser utilizadas para salvaguardar la integridad física de los empleados que se encuentran expuestos a riesgo eléctrico, se deben determinar las apropiadas prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad utilizando ambos análisis de riesgo de choque y de riesgo de relámpago de

arco, solo a personas calificadas se les permitirá trabajar en condiciones en las cuales no sea posible utilizar condiciones de trabajo eléctricamente seguras.

1. Evaluación de riesgo de choque: la evaluación de riesgo de choque debe determinar la tensión a la que será expuesto el personal, los requisitos de frontera y EPP necesario para minimizar la posibilidad de choque eléctrico en el personal.
2. Evaluación de riesgo de relámpago de arco: se debe determinar si existe peligro de relámpago de arco, además determinar las practicas apropiadas de trabajo seguro, la frontera de relámpago de arco, el EPP que debe utilizarse dentro de la frontera de relámpago de arco; dicha evaluación debe realizarse cada vez que se haga cambios importantes en los equipos y debe ser revisado periódicamente cada 5 años.

1.11 Trabajos en alta tensión

Art. 312.-Decreto 89. Cuando se realicen trabajos con alta tensión se deberán tomar las siguientes precauciones:

1. Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y accionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre imprevisto.
2. Desinstalar o bloquear, si es posible, los aparatos de corte, siendo el bloqueo físico, eléctrico o mecánico.
3. Comprobar la ausencia de tensión en toda instalación, mediante aparatos y equipos adecuados.
4. Colocar las señales de seguridad precisas, delimitando las zonas de trabajo.

CAPÍTULO 2. RESULTADOS

Utilizando las recomendaciones de la norma NFPA 70E 2015 se establece para los equipos principales la evaluación de riesgo de choque, relámpago de arco y el equipo necesario para proteger de dichos peligros.

Se realizará una investigación comparativa entre los procedimientos y criterios definidos en normativa y los procedimientos actualmente utilizados referente al área de riesgo eléctrico en las centrales eléctricas, donde se definirán fronteras de arco eléctrico, equipo de protección personal y personal expuesto, para tensiones de 480, 4160 y 13800 V.

Como técnicas de recopilación de información se utilizarán:

1. La entrevista
2. La observación sistemática
3. Investigación bibliográfica

Con el objetivo de identificar el riesgo eléctrico y en qué medida puede afectar al personal expuesto y establecer medidas de seguridad apropiadas a cada caso.

Para realizar el estudio se tomarán de base normativas nacionales como la ley general de prevención de riesgo en los lugares de trabajo y los reglamentos que la desarrollan y el código de trabajo, además de la normativa internacional NFPA 70E 2015 en español.

2.1 Método de análisis de frontera de arco, utilizando la norma NFPA 70E

En el método que se presenta para el análisis de frontera de arco se utilizaron tablas extraídas de la norma NFPA 70E que se encuentran en el ANEXO A, dichas tablas poseen información sobre las fronteras de aproximación a conductores eléctricos o a partes de circuitos energizados la cual será utilizada para establecer las distancias de seguridad en cada uno de los equipos. Para estas distancias se encontraron la categoría de EPP necesaria para disminuir el riesgo eléctrico de relámpago de arco para sistemas de corriente alterna.

2.1.1 Análisis interruptor de máquina U1

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**13.8 kV AC, de Terminales Generador 13.8 kV AC, de Transformador MT1 (Sistema)**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	1.5 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	0.7 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	• Casco. Cumple con ANSI Z89.1 • Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 • Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 • Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	**Categoría de EPP para relámpago de arco**	**Frontera de relámpago de arco**
Tablero de potencia blindado, 1 kV a 15 kV Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 35 kA; máximo de hasta 0.24 s (15 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 910 mm	4	12 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm2:	Camisa de manga larga resistente al arco (SSR) Pantalones resistentes al arco (SSR) Overol (mameluco) resistente al arco (SSR) Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco Guantes resistentes al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	12 m

Ubicación interruptor de máquina U1

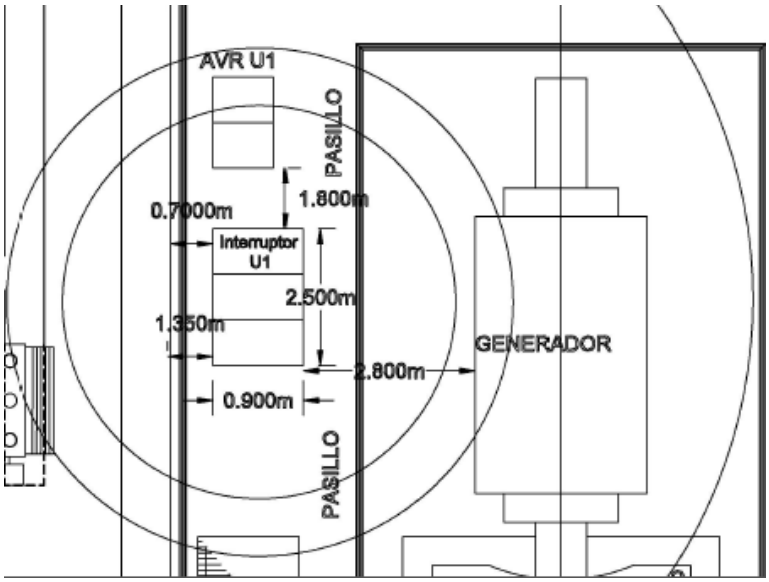

Figura 3. Vista de planta de distancias físicas a objetos del interruptor de máquina U1

En la Figura 3, se presenta el interruptor de máquina, el cual trabaja con una tensión de 13.8kV por lo tanto su frontera de relámpago de arco es de 12m. Dicho interruptor se encuentra ubicado cerca del generador principal por lo tanto los espacios donde se puede transitar son reducidos, es más con la distancia antes mencionada seria prohibido que el personal transitara en los espacios asignados como “pasillo”.

Cuadro resumen para interruptor de máquina U1	
Tensión nominal	13.8 kV AC
Frontera de relámpago de arco	12 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm2: Camisa de manga larga resistente al arco (SSR)
	Pantalones resistentes al arco (SSR)
	Overol (mameluco) resistente al arco (SSR)
	Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR)
	Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR)
	Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco
	Guantes resistentes al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.7 m

2.1.2 Análisis interruptor de máquina U2

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**13.8 kV AC, de Terminales Generador 13.8 kV AC, de Transformador MT2 (Sistema)**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	1.5 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	0.7 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	**Categoría de EPP para relámpago de arco**	**Frontera de relámpago de arco**
Tablero de potencia blindado, 1 kV a 15 kV Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 35 kA; máximo de hasta 0.24 s (15 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 910 mm	4	12 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm2:	Camisa de manga larga resistente al arco (SSR) Pantalones resistentes al arco (SSR) Overol (mameluco) resistente al arco (SSR) Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco Guantes resistentes al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	12 m

Ubicación interruptor de máquina U2

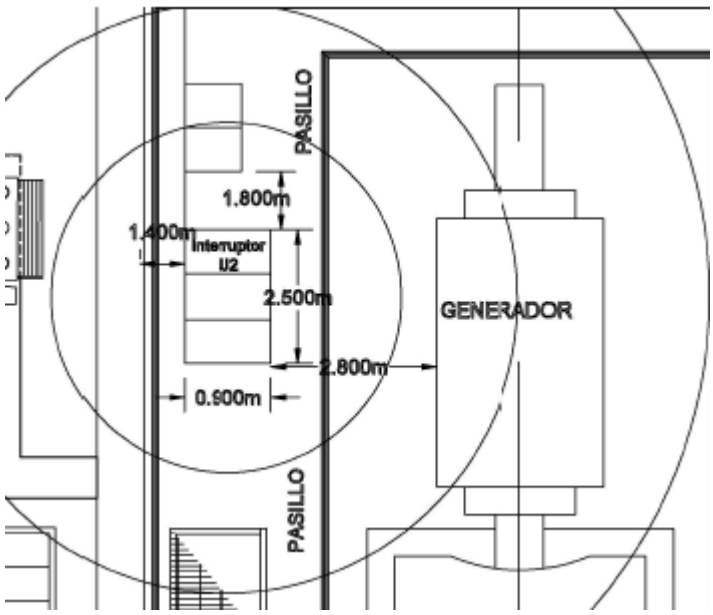

Figura 4. Vista de planta de distancias físicas a objetos del interruptor de máquina.

En la figura 4 se presenta el interruptor de máquina, el cual trabaja con una tensión de 13.8kV por lo tanto su frontera de relámpago de arco es de 12m. Dicho interruptor se encuentra ubicado cerca del generador principal por lo tanto los espacios donde se puede transitar son reducidos, es más con la distancia antes mencionada seria prohibido que el personal transitara en los espacios asignados como “pasillo”.

Cuadro resumen para interruptor de máquina U2	
Tensión nominal	13.8 kV AC
Frontera de relámpago de arco	12 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm2: Camisa de manga larga resistente al arco (SSR)
	Pantalones resistentes al arco (SSR)
	Overol (mameluco) resistente al arco (SSR)
	Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR)
	Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR)
	Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco
	Guantes resistentes al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.7 m

2.1.3 Análisis interruptor de máquina U3

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**13.8 kV AC, de Terminales Generador 13.8 kV AC, de Transformador MT3 (Sistema)**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	1.5 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	0.7 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	**Categoría de EPP para relámpago de arco**	**Frontera de relámpago de arco**
Tablero de potencia blindado, 1 kV a 15 kV Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 35 kA; máximo de hasta 0.24 s (15 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 910 mm	4	12 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm2:	Camisa de manga larga resistente al arco (SSR) Pantalones resistentes al arco (SSR) Overol (mameluco) resistente al arco (SSR) Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco Guantes resistentes al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	12 m

Ubicación interruptor de máquina U3

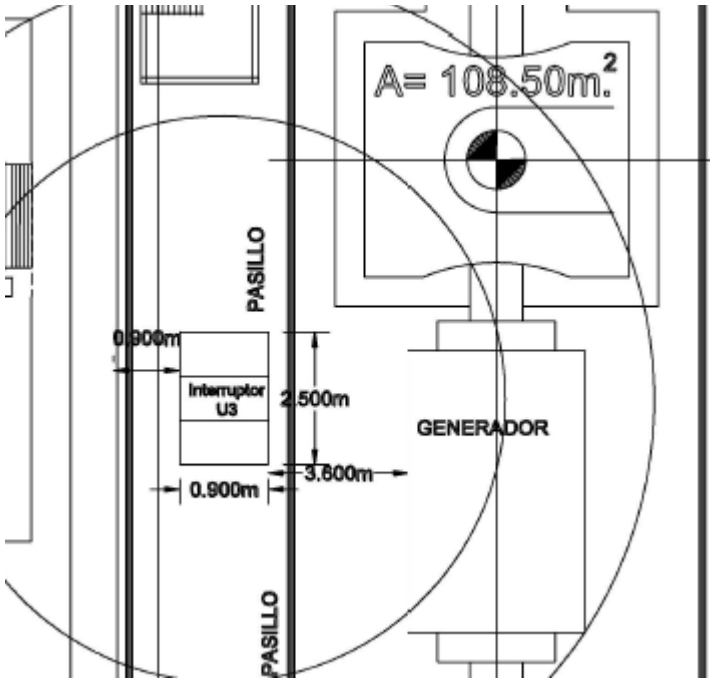

Figura 5. Vista de planta de distancias físicas a objetos del interruptor de máquina

En la figura 5 se presenta el interruptor de máquina, el cual trabaja con una tensión de 13.8kV por lo tanto su frontera de relámpago de arco es de 12m. Dicho interruptor se encuentra ubicado cerca del generador principal por lo tanto los espacios donde se puede transitar son reducidos, es más con la distancia antes mencionada seria prohibido que el personal transitara en los espacios asignados como “pasillo”.

Cuadro resumen para interruptor de máquina U3	
Tensión nominal	**13.8 kV AC**
Frontera de relámpago de arco	12 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm2: Camisa de manga larga resistente al arco (SSR)
	Pantalones resistentes al arco (SSR)
	Overol (mameluco) resistente al arco (SSR)
	Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR)
	Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR)
	Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco
	Guantes resistentes al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.7 m

2.1.4 Análisis MC0, MC1, MC2 y MC3

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**4,160 V AC, de ST0** **4,160 V AC, de UT1** **4,160 V AC, de UT2** **4,160 V AC, de UT3**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1.5 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.7 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	**Categoría de EPP para relámpago de arco**	**Frontera de relámpago de arco**
Tablero de potencia blindado, 1 kV a 15 kV Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 35 kA; máximo de hasta 0.24 s (15 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 910 mm	4	12 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm2:	Camisa de manga larga resistente al arco (SSR) Pantalones resistentes al arco (SSR) Overol (mameluco) resistente al arco (SSR) Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco Guantes resistentes al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	12 m

Ubicación MC0, MC1, MC2 y MC3

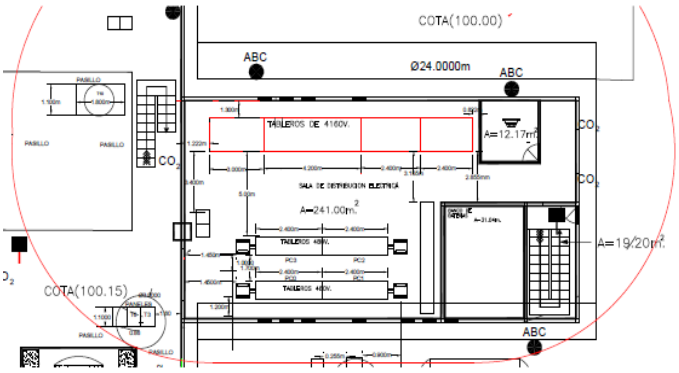

Figura 6. Distancias físicas a objetos MC0, MC1, MC2 y MC3

En la figura 6 se visualiza el área correspondiente a sala de distribución, donde se analiza el riesgo de arco eléctrico para el nivel de voltaje de 4160V, se puede observar que el área donde se circula o el área que podría utilizarse para acceder a algún equipo como interruptores o equipos de medición se encuentra dentro de esta área de arco eléctrico, generando un alto riesgo.

El área dentro de sala de distribución estaría siendo considerada de alto riesgo y acceso limitado. Se hace énfasis en la necesidad que el personal calificado ingrese con su equipo de protección individual.

Cuadro resumen para sección de barra de 4.16kV	
Tensión nominal	**4160 V AC**
Frontera de relámpago de arco	12 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm2: Camisa de manga larga resistente al arco (SSR)
	Pantalones resistentes al arco (SSR)
	Overol (mameluco) resistente al arco (SSR)
	Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR)
	Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR)
	Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco
	Guantes resistentes al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.7 m

2.1.5 Análisis Sala 4.16 kV RTA

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**4,160 V AC, de ST0**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	1.5 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	0.7 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Tablero de potencia blindado, 1 kV a 15 kV Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 35 kA; máximo de hasta 0.24 s (15 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 910 mm	4	12 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm2:	Camisa de manga larga resistente al arco (SSR) Pantalones resistentes al arco (SSR) Overol (mameluco) resistente al arco (SSR) Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco Guantes resistentes al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	12 m

Ubicación Sala 4.16 kV RTA

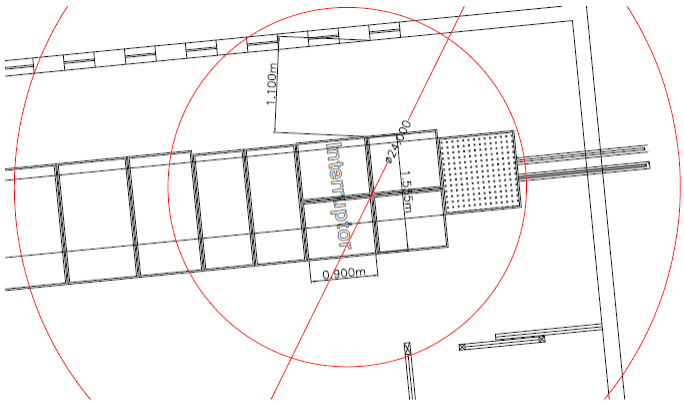

Figura 7. Distancias físicas a objetos Sala 4.16 kV RTA

Cuadro resumen para Sala 4.16 kV RTA	
Tensión nominal	**4160 V AC**
Frontera de relámpago de arco	12 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm2: Camisa de manga larga resistente al arco (SSR)
	Pantalones resistentes al arco (SSR)
	Overol (mameluco) resistente al arco (SSR)
	Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR)
	Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR)
	Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco
	Guantes resistentes al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.7 m

2.1.6 Análisis Sala 480 V RTA

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de Transformador RTA**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	**Categoría de EPP para relámpago de arco**	**Frontera de relámpago de arco**
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	1.5 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	1.5 m

Ubicación Sala 480 V RTA

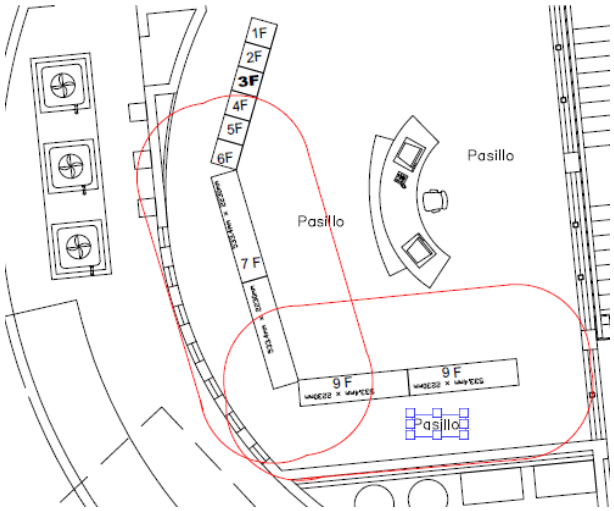

Figura 8. Distancias físicas a objetos cercanos Sala 480 V RTA

El área que se visualiza en la figura 8 es la distribución de los paneles que permanecen normalmente energizados.

Cuadro resumen para Sala 480 V RTA	
Tensión nominal	**480 V AC**
Frontera de relámpago de arco	1.5 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.7 Análisis PC0 y PC1

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de AT0** **480 V AC, de AT1**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	1.5 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	1.5 m

Ubicación PC0 y PC1

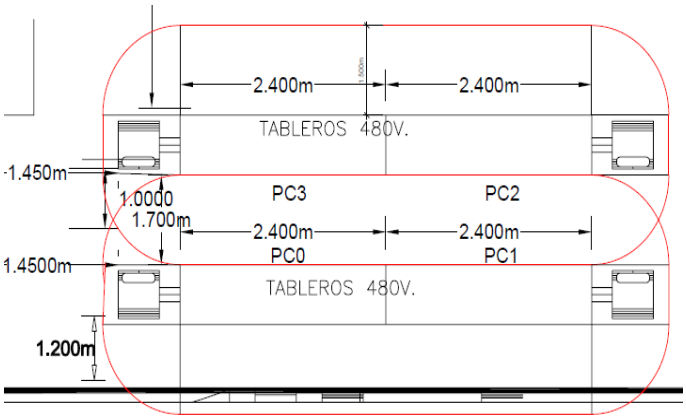

Figura 9. Distancias físicas a objetos cercanos PC0 y PC1

En la figura 9 se muestra un área en común donde existen equipos con sus respectivos interruptores e instrumentos de medición, donde los niveles de voltaje son de 480V y 4160V. Vemos como las áreas marcadas por los círculos afectan el área de circulación de los operadores o responsables de mantenimiento. Teniendo en cuenta estos datos es considerable evitar el paso cerca de estos equipos.

Cuadro resumen para PC0 y PC1	
Tensión nominal	**480 V AC**
Frontera de relámpago de arco	1.5 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.8 Análisis PC2 y PC3

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de AT0** **480 V AC, de AT2** **480 V AC, de AT3**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	1.5 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	1.5 m

Ubicación PC2 y PC3

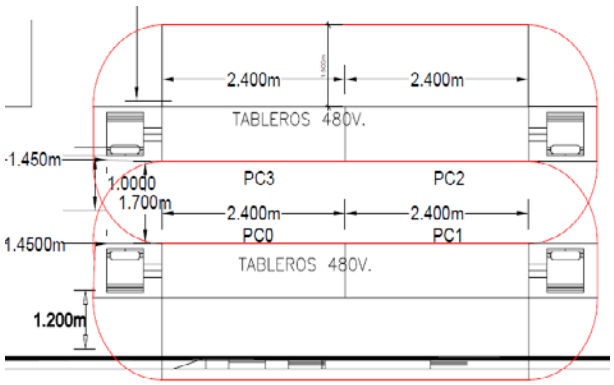

Figura 10. Distancias físicas a objetos cercanos PC2 y PC3

En la figura 10 se muestra un área en común donde existen equipos con sus respectivos interruptores e instrumentos de medición, donde los niveles de voltaje son de 480V y 4160V. Vemos como las áreas marcadas por los círculos afectan el área de circulación de los operadores o responsables de mantenimiento. Teniendo en cuenta estos datos es considerable evitar el paso cerca de estos equipos.

Cuadro resumen para PC2 y PC3	
Tensión nominal	**480 V AC**
Frontera de relámpago de arco	1.5 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.9 Análisis CCM U1

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de PC1** **480 V AC, de PC0** **125 V DC, de Serv_Gr_1**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	1 m para AC 1 m para DC
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	0.3 m para AC Evitar contacto para DC
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	1.5 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	1.5 m

Ubicación CCM U1

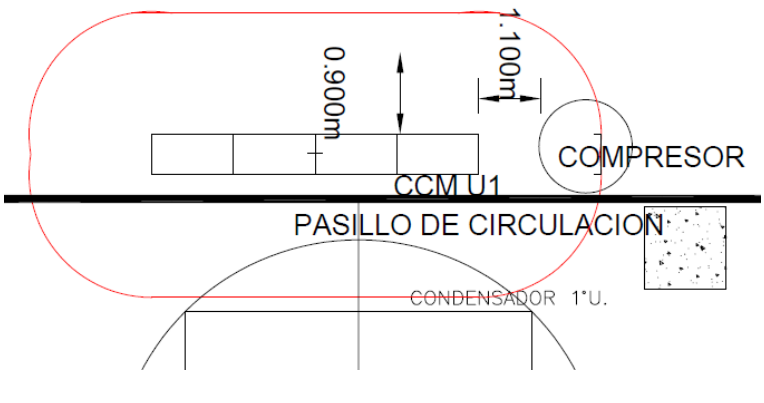

Figura 11. Distancias físicas a objetos cercanos CCM U1

En la figura 11, puede verse que en el pasillo puede mantenerse al personal fuera de la zona restringida (0.3 m), alrededor de todo el CCM, y de la zona limitada (1 m) por el frente hasta el condensador; la parte de la tubería que se muestra en la esquina inferior derecha es el punto más crítico de acercamiento al CCM U1. La frontera de relámpago de arco (1.5 m) prácticamente es imposible de cumplir con la disposición actual, con lo que el paso cerca del CCM U1 estaría habilitado únicamente para personal calificado.

Cuadro resumen para CCM U1	
Tensión nominal	**480 V**
Frontera de relámpago de arco	1.5 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.10 Análisis CCM U2

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de PC2** **125 V DC, de Serv_Gr_2**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	1 m para AC 1 m para DC
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	0.3 m para AC Evitar contacto para DC
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas.	2	1.5 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	1.5 m

Ubicación CCM U2

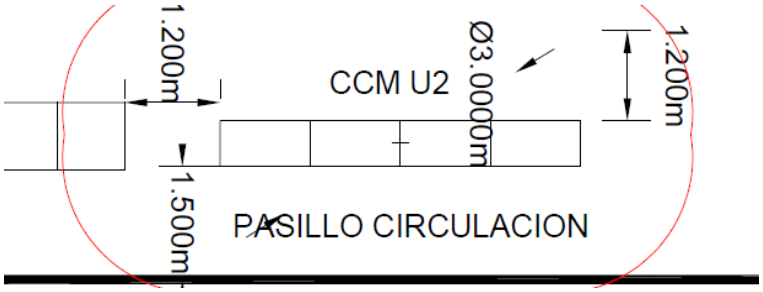

Figura 12. Distancias físicas a objetos cercanos CCM U2

En la figura 12 puede verse que en el pasillo puede mantenerse al personal fuera de la zona restringida (0.3 m), alrededor de todo el CCM, y de la zona limitada (1 m) por el frente hasta la tubería; el lado del compresor a la izquierda es el punto más crítico de acercamiento al CCM U2, por posibles trabajos. La frontera de relámpago de arco (1.5 m) prácticamente es imposible de cumplir con la disposición actual, con lo que el paso cerca del CCM U2 estaría habilitado únicamente para personal calificado.

Cuadro resumen para CCM U2	
Tensión nominal	**480 V**
Frontera de relámpago de arco	1.5 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.11 Análisis CCM U3

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de PC3** **125 V DC, de Serv_Gr_3**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	1 m para AC 1 m para DC
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a) y Tabla 130.4(D)(b)]	0.3 m para AC Evitar contacto para DC
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	1.5 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	1.5 m

Ubicación CCM U3

Figura 13. Distancias físicas a objetos cercanos CCM U3

En la figura 13 puede verse que en el pasillo puede mantenerse al personal fuera de la zona restringida (0.3 m), alrededor de todo el CCM, excepto del lado del gabinete de control externo. La zona limitada (1 m) por el frente hasta la tubería no hay suficiente espacio; el gabinete de control al lado derecho del CCM es el punto más crítico de acercamiento al CCM U3. La frontera de relámpago de arco (1.5 m) prácticamente es imposible de cumplir con la disposición actual, con lo que el paso cerca del CCM U3 estaría habilitado únicamente para personal calificado.

Cuadro resumen para CCM U3	
Tensión nominal	**480 V**
Frontera de relámpago de arco	1.5 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.12 Análisis Sistema híbrido U1

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de PC1**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	1.5 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	1.5 m

Ubicación Sistema híbrido U1

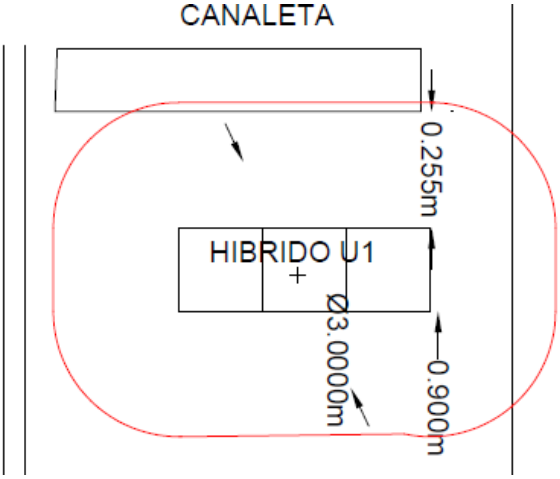

Figura 14. Distancias físicas a objetos Sistema híbrido U1

En la figura 14 puede verse que puede mantenerse al personal fuera de la zona restringida (0.3 m), alrededor de todo el Sistema híbrido, excepto para trabajos en la canaleta posterior, y de la zona limitada (1 m) por el frente; la parte de la estructura que se muestra en ambas esquinas son los puntos más críticos de acercamiento al sistema

híbrido U1. La frontera de relámpago de arco (1.5 m) es posible de cumplir con la disposición actual.

Cuadro resumen para Sistema híbrido U1	
Tensión nominal	**480 V**
Frontera de relámpago de arco	1.5 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.13 Análisis Sistema híbrido U2 y U3

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de PC2** **480 V AC, de PC3**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	1.5 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	1.5 m

Ubicación Sistema híbrido U2 y U3

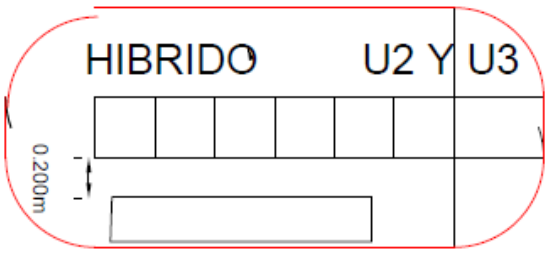

Figura 15. Distancias físicas a objetos Sistema híbrido U2 y U3

En la figura 15 puede verse que puede mantenerse al personal fuera de la zona restringida (0.3 m), alrededor de todo el Sistema híbrido, excepto para trabajos en la canaleta posterior, y de la zona limitada (1 m) por el frente. La frontera de relámpago de arco (1.5 m) es posible de cumplir con la disposición actual.

Cuadro resumen para Sistema híbrido U2 y U3	
Tensión nominal	**480 V**
Frontera de relámpago de arco	1.5 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.14 Análisis Panel T1

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de CC0B** **240 V AC, de transformador interno**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Paneles de distribución y otros equipos con tensión nominal > 240 V y hasta 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 25 kA; máximo 0.03 (2ciclos) de tiempo de despejo de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	0.9 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.9 m

Ubicación Panel T1

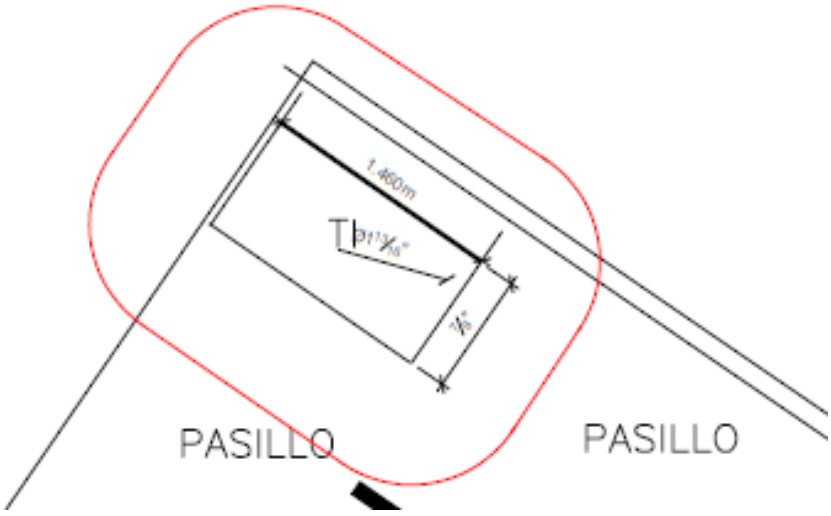

Figura 16. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T1

Cuadro resumen para Panel T1	
Tensión nominal	**480 V AC Entrada** **240 V AC Salida**
Frontera de relámpago de arco	0.9 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.15 Análisis Panel T2

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de CC0B en alimentación** **240 V AC, de transformador interno**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Paneles de distribución y otros equipos con tensión nominal > 240 V y hasta 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 25 kA; máximo 0.03 (2ciclos) de tiempo de despejo de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	0.9 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.9 m

Ubicación Panel T2

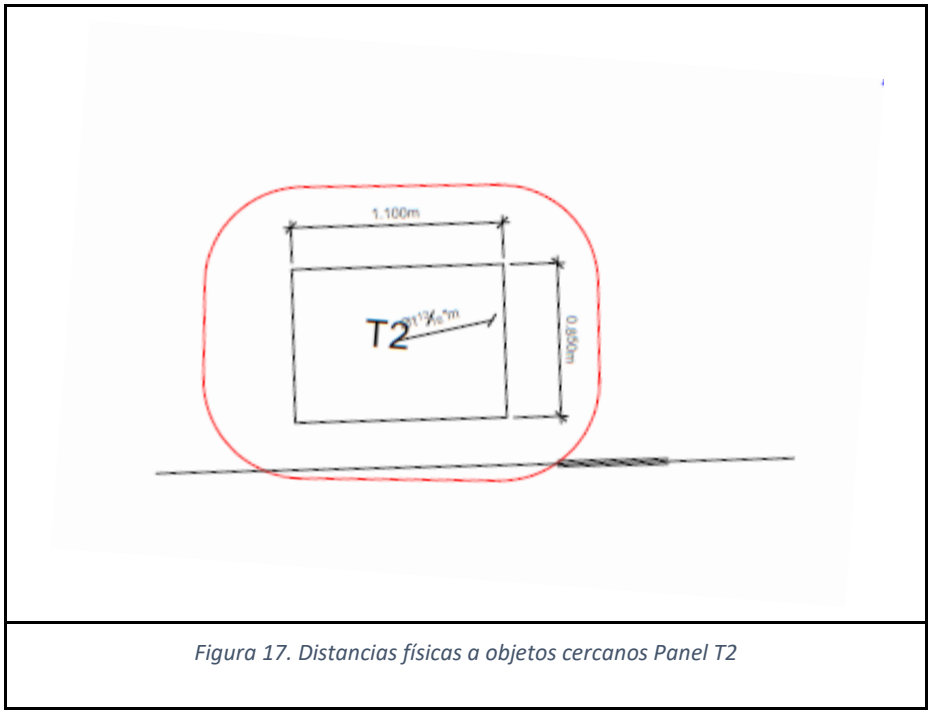

Figura 17. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T2

Cuadro resumen para Panel T2	
Tensión nominal	**480 V AC Entrada** **240 V AC Salida**
Frontera de relámpago de arco	0.9 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.16 Análisis Panel T3 y T6

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de CC0B para T3** **480 V AC, de CCOS para T6** **240 V AC, de transformador interno para T3** **240 V AC, de transformador interno para T6**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Paneles de distribución y otros equipos con tensión nominal > 240 V y hasta 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 25 kA; máximo 0.03 (2ciclos) de tiempo de despejo de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	0.9 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.9 m

Ubicación Panel T3 y T6

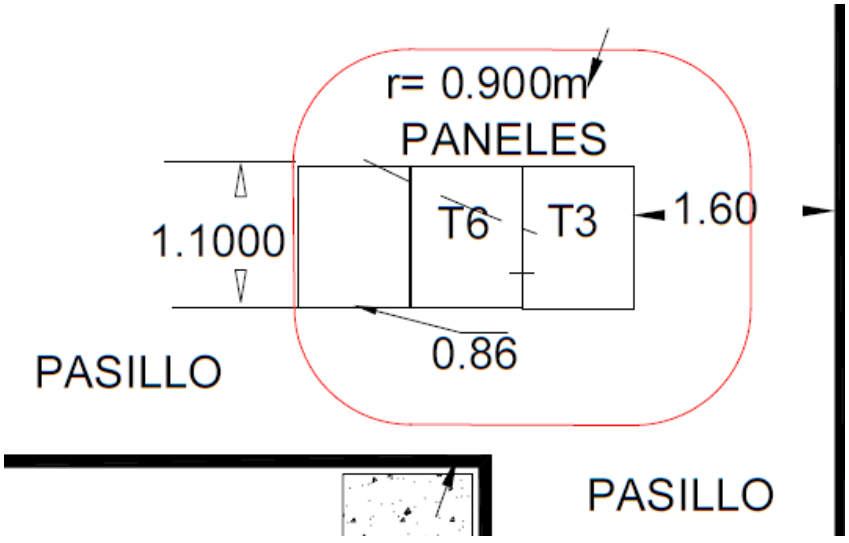

Figura 18. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T3 y T6

Cuadro resumen para Panel T3 y T6	
Tensión nominal	480 V AC, Entrada T3 480 V AC, Entrada T6 240 V AC, Salida T3 240 V AC, Salida T6
Frontera de relámpago de arco	0.9 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.17 Análisis Panel T4

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de CC0B** **240 V AC, de transformador interno**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	0.9 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.9 m

Ubicación Panel T4

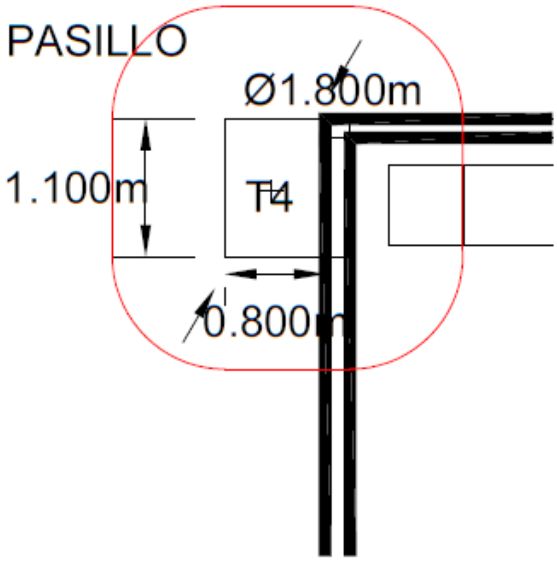

Figura 19. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T4

Cuadro resumen para Panel T4	
Tensión nominal	**480 V AC Entrada** **240 V AC Salida**
Frontera de relámpago de arco	0.9 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.18 Análisis Panel T5

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de CC0S** **240 V AC, de transformador interno**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	0.9 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.9 m

Ubicación Panel T5

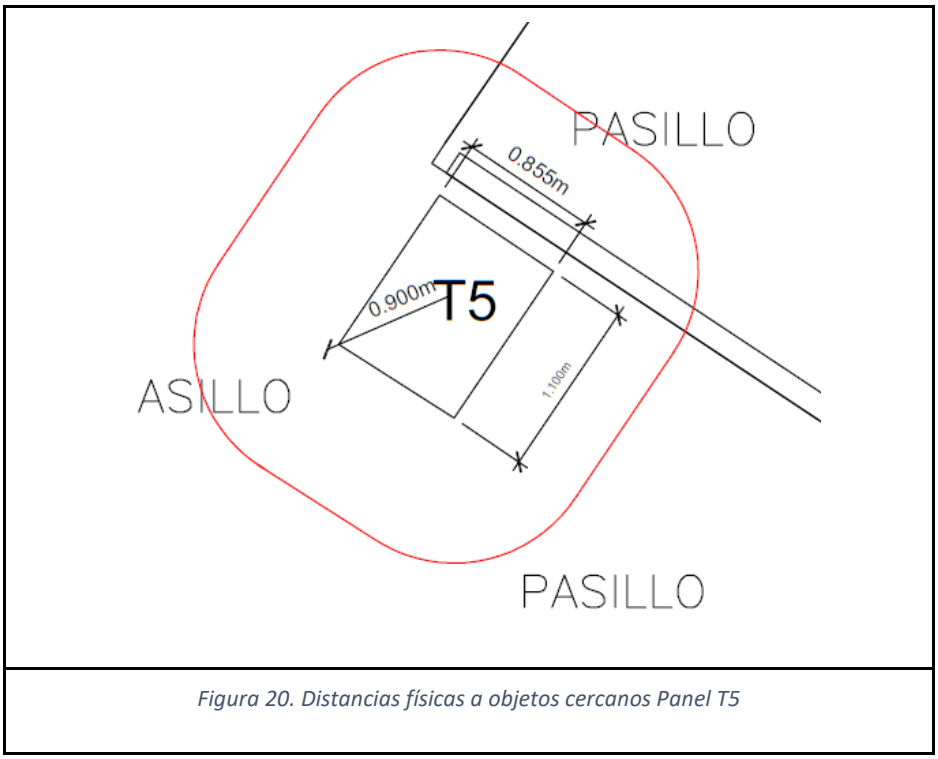

Figura 20. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T5

Cuadro resumen para Panel T5	
Tensión nominal	**480 V AC Entrada** **240 V AC Salida**
Frontera de relámpago de arco	0.9 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.19 Análisis Panel T7 y T8

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de CC0B para T7** **480 V AC, de CCOB para T8** **240 V AC, de transformador interno para T7** **240 V AC, de transformador interno para T8**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Paneles de distribución y otros equipos con tensión nominal > 240 V y hasta 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 25 kA; máximo 0.03 (2ciclos) de tiempo de despejo de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	0.9 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.9 m

Ubicación Panel T7 y T8

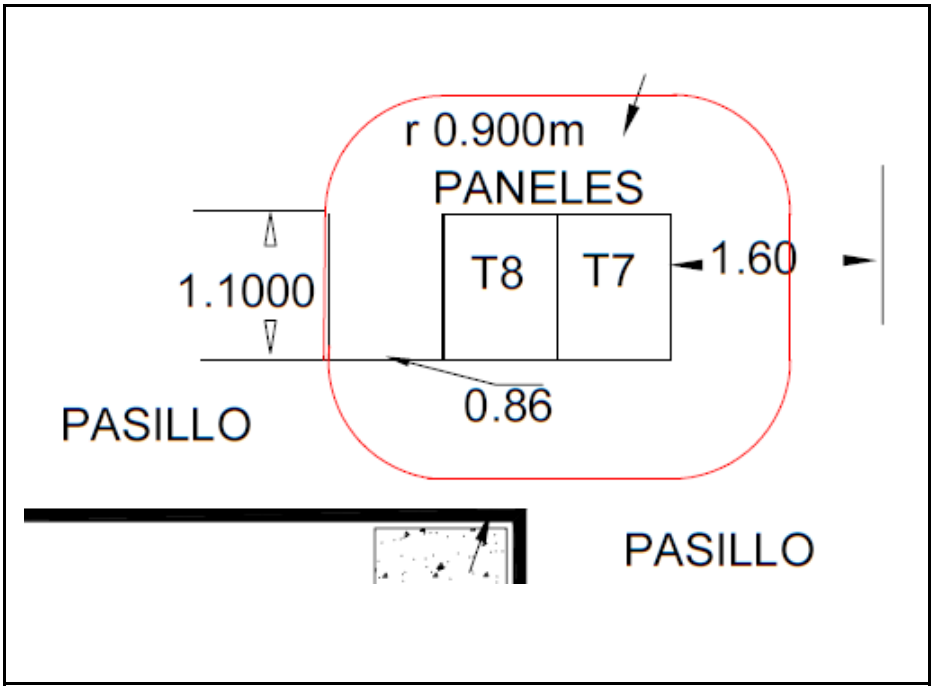

Figura 21. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T7 y T8

Cuadro resumen para Panel T7 y T8	
Tensión nominal	**480 V AC, Entrada T7** **480 V AC, Entrada T8** **240 V AC, Salida T7** **240 V AC, Salida T8**
Frontera de relámpago de arco	0.9 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

3.1.20 Análisis Panel T9

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de CC0S** **240 V AC, de transformador interno**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	0.9 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.9 m

Ubicación Panel T9

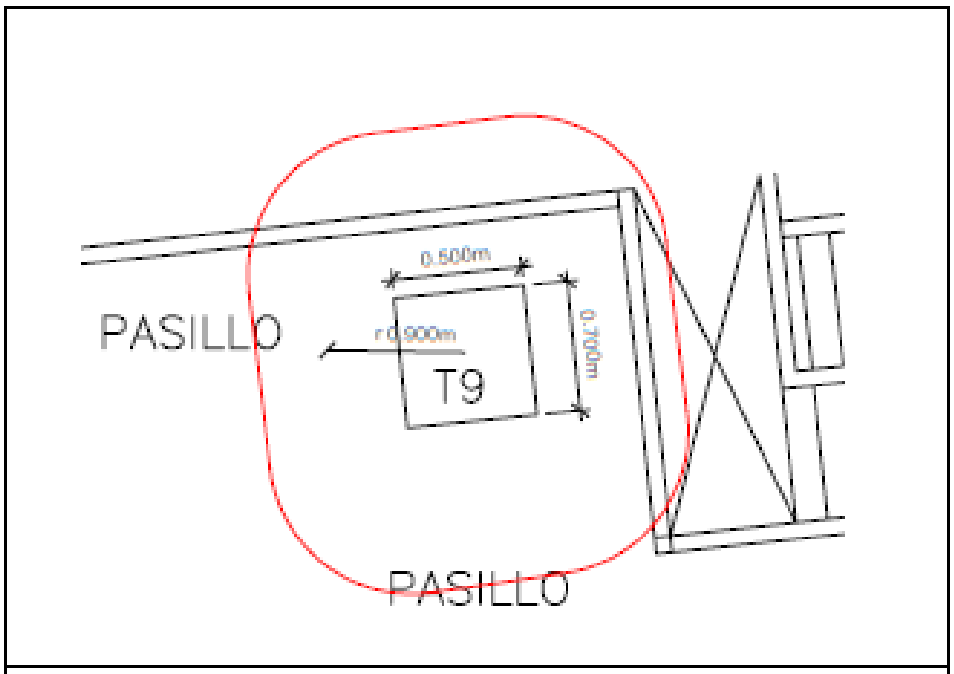

Figura 22. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T9

Cuadro resumen para Panel T9	
Tensión nominal	**480 V AC Entrada** **240 V AC Salida**
Frontera de relámpago de arco	0.9 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.21 Análisis Panel T10

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de CC0C** **240 V AC, de transformador interno**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	0.9 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.9 m

Ubicación Panel T10

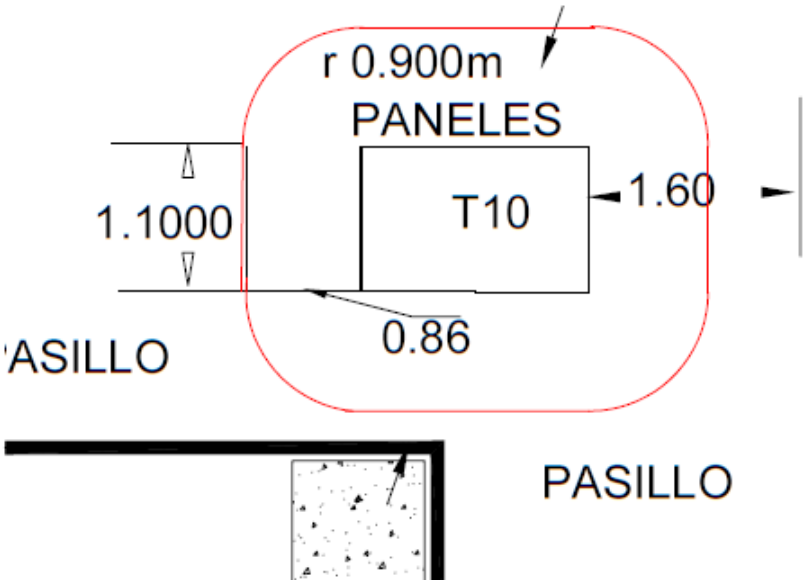

Figura 23. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T10

Cuadro resumen para Panel T10	
Tensión nominal	**480 V AC Entrada** **240 V AC Salida**
Frontera de relámpago de arco	0.9 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.22 Análisis Panel T11

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de CC0C** **240 V AC, de transformador interno**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	0.9 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.9 m

Ubicación Panel T11

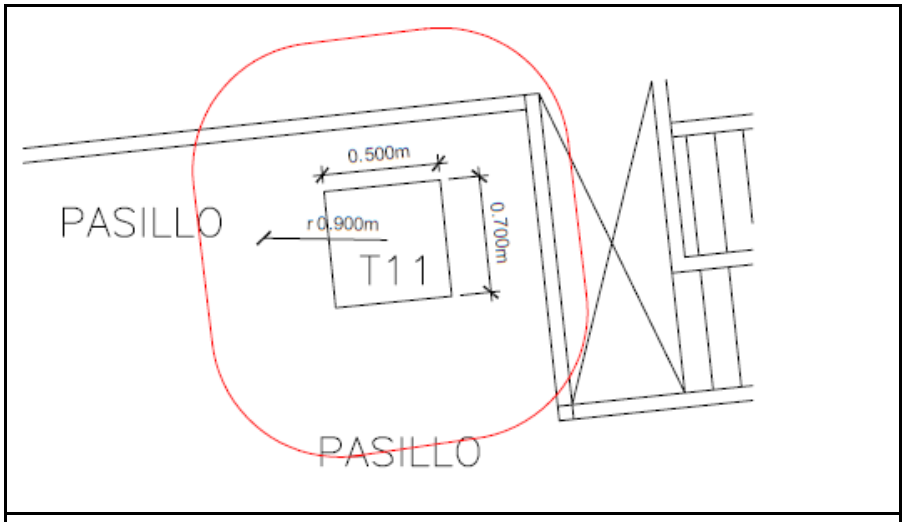

Figura 24. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T11

Cuadro resumen para Panel T11	
Tensión nominal	**480 V AC Entrada** **240 V AC Salida**
Frontera de relámpago de arco	0.9 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.23 Análisis Panel T12

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de CC0C** **240 V AC, de transformador interno**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	0.9 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.9 m

Ubicación Panel T12

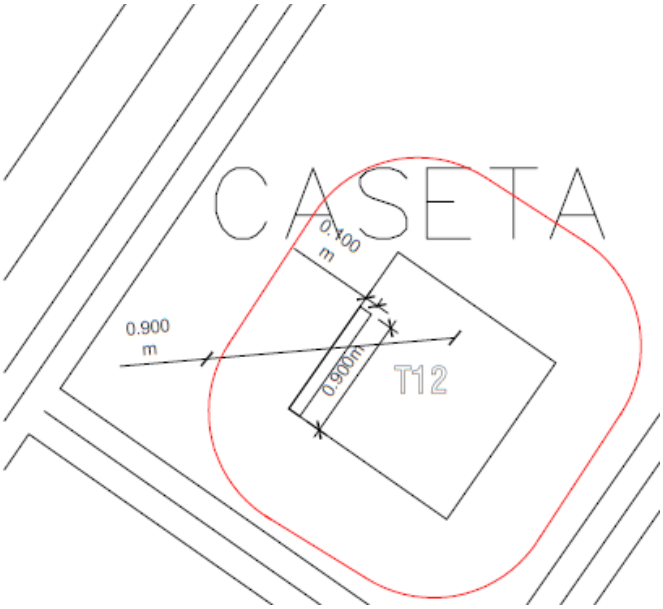

Figura 25. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T12

Cuadro resumen para Panel T12	
Tensión nominal	**480 V AC Entrada** **240 V AC Salida**
Frontera de relámpago de arco	0.9 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.24 Análisis Panel T13

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**480 V AC, de CC0C** **240 V AC, de transformador interno**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	0.3 m
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	2	0.9 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.9 m

Ubicación Panel T13

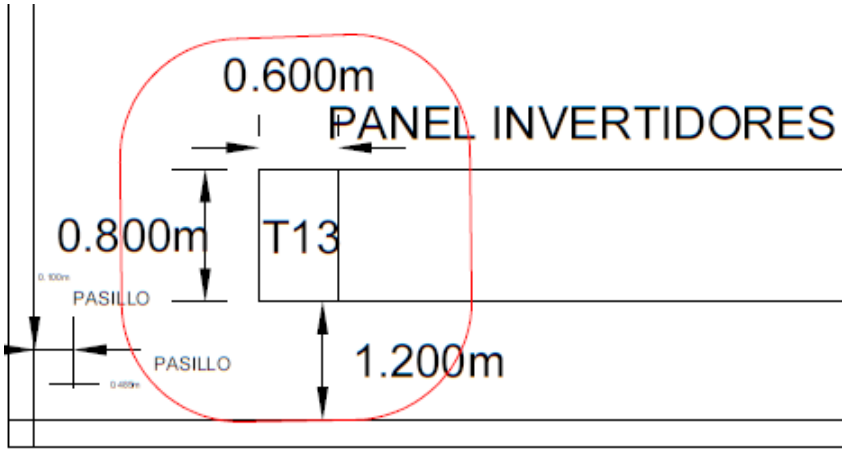

Figura 26. Distancias físicas a objetos cercanos Panel T13

Cuadro resumen para Panel T13	
Tensión nominal	**480 V AC Entrada** **240 V AC Salida**
Frontera de relámpago de arco	0.9 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco y pasamontañas con valor de resistencia al arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	0.3 m

2.1.25 Análisis Caja invertidores

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]	
Tensión a la que el personal estará expuesto	**240 V AC, de T4**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	Evitar contacto
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Paneles de distribución u otros equipos con tensión nominal de 240 V y menor Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 25 kA; máximo 0.03 (2ciclos) de tiempo de despejo de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	1	0.485 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 4 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Protector facial resistente al arco o capucha del traje de protección contra relámpago de arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.485 m

Ubicación Caja invertidores

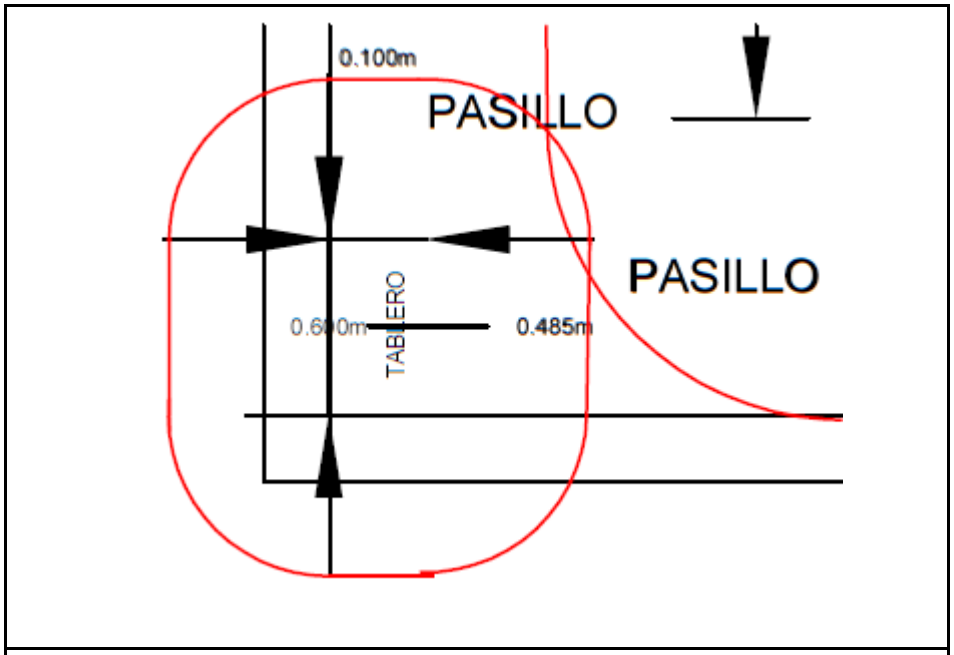

Figura 27. Distancias físicas a objetos cercanos Caja invertidores

Cuadro resumen para Caja invertidores	
Tensión nominal	**240 V AC**
Frontera de relámpago de arco	0.485 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 4 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Protector facial resistente al arco o capucha del traje de protección contra relámpago de arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	Evitar contacto

2.1.26 Análisis Caja taller eléctrico

Resultados de la evaluación de riesgo de choque [ver 130.4(A)]

Tensión a la que el personal estará expuesto	**240 V AC, de T5A**
Frontera de aproximación limitada [ver 130.4(B), Tabla 130.4(D)(a)]	1 m
Frontera de aproximación restringida [ver 130.4(D), Tabla 130.4(D)(a)]	Evitar contacto
Equipos de protección personal y otros equipos de protección necesarios para llevar a cabo de manera segura la tarea asignada [ver 130.7(C), 130.7(D); Tabla 130.7(C)(15)(A)(b), Tabla 130.7(C)(16)]	Casco. Cumple con ANSI Z89.1 Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (Selección requerida). Cumple con ANSI Z87.1 Protección auditiva (tapones). Cumple con ANSI S3.19 Guantes de cuero para uso industrial. Cumple con ASTM D120 Calzado de trabajo de cuero. Cumple con ASTM F2413

Resultados de la evaluación de riesgo de relámpago de arco [ver 130.5]

Energía incidente disponible a la distancia de trabajo o la categoría de EPP para relámpago de arco [ver 130.5] [Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]		
Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Paneles de distribución u otros equipos con tensión nominal de 240 V y menor Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 25 kA; máximo 0.03 (2ciclos) de tiempo de despejo de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm	1	0.485 m

EPP necesario para proteger del peligro [ver 130.5, 130.7, Tabla 130.7(C)(15)(A) (b), Tabla 130.7(C)(16)]	
Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 4 cal/cm2:	Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Protector facial resistente al arco o capucha del traje de protección contra relámpago de arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de relámpago de arco [ver 130.5, Tabla 130.7(C)(15)(A)(b)]	0.485 m

Ubicación Caja taller eléctrico

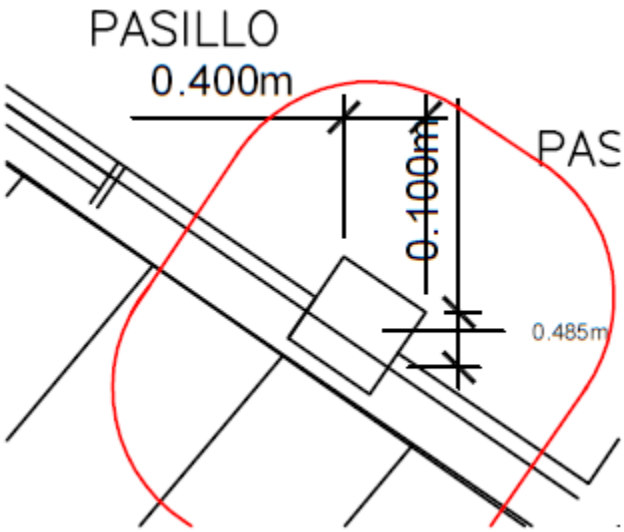

Figura 28. Distancias físicas a objetos cercanos Caja taller eléctrico

Cuadro resumen para Caja taller eléctrico	
Tensión nominal	**240 V AC**
Frontera de relámpago de arco	0.485 m
EPP a utilizar	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 4 cal/cm2: Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco
	Protector facial resistente al arco o capucha del traje de protección contra relámpago de arco
	Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN)
Frontera de aproximación restringida	Evitar contacto

2.2 Método para análisis de riesgo eléctrico anexo F de la norma NFPA 70E.

Para el análisis de riesgo se debe establecer los puestos de trabajo que están expuestos a riesgo eléctrico para los valores de tensión de 480, 4160 y 13800V en la planta, dichos puestos de trabajo son los siguientes:

1. Coordinador eléctrico.
2. Supervisor eléctrico.
3. Electricista.
4. Ayudante de electricista.
5. Coordinador de operaciones.
6. Supervisor de operaciones.
7. Operador.
8. Auxiliar de operaciones.

Para el análisis de riesgo se debe considerar que todo el personal expuesto está capacitado para llevar a cabo cada una de las tareas correspondientes que se requiera analizar.

Para obtener las tareas a analizar se debe utilizar los descriptores de puesto proporcionados por la administración de la empresa además de manuales de mantenimiento eléctrico, para obtener detalles de las tareas analizadas se debe entrevistar a personal de la planta con la suficiente experiencia en las tareas desarrolladas.

Para la evaluación de riesgo se deben tomar los criterios definidos por la normativa NFPA 70E, esta considera como parámetros de evaluación los siguientes apartados:

Severidad de las posibles heridas o daños a la salud (Se): esta puede ser tomada tomando en cuenta la reversibilidad de las heridas y las consecuencias de cada lesión utilizando los valores de la Tabla 2.

Severidad de las heridas o daños (Se)	Valor de (Se)
Irreversible - Traumatismos, muerte	8
Permanentemente- Daños óseos, ceguera, perdida de la audición, quemaduras de tercer grado	6
Reversible, Impactos menores, daños en la audición, quemaduras de segundo grado.	3
Reversibles, laceraciones menores contusiones, quemaduras de primer grado	1

Tabla 2. Clasificación de la severidad de las posibles heridas.

Frecuencia y duración de la exposición (Fr): Para determinar el nivel de exposición se debe considerar la necesidad de acceso a la zona de riesgo a partir de los valores mostrados en la Tabla 3.

Frecuencia de exposición.	Valor de (Fr)
<= 1 día	5
> 1 día <= 1 cada 2 semanas	4
> 1 cada 2 semanas <= que 1 vez por año	3
> a una vez por año	2

Tabla 3 Valores promedio de frecuencia y duración de la exposición.

Probabilidad de ocurrencia de evento peligroso (Pr): la probabilidad de eventos peligrosos puede estimarse tomando en cuenta los dispositivos de seguridad instalados como protecciones eléctricas y la predictibilidad del comportamiento de los circuitos, a partir de esto se definen valores de probabilidad de ocurrencia en la Tabla 4.

Probabilidad que ocurra un evento peligroso.	Vapor de (Pr)
Muy alta	5
Probable	4
Posible	3
Raro	2
Insignificante	1

Tabla 4. Valores de probabilidad de ocurrencia de evento peligroso

Probabilidad de evitar o limitar heridas (Av): Este parámetro puede estimarse tomando en cuenta aspectos del diseño del sistema eléctrico y la posibilidad espacial de retirarse del lugar del peligro, los valores de probabilidad pueden calcularse utilizando los valores mostrados en la Tabla 5.

Probabilidad evitarlo	**Valor (Av)**
Imposible	5
Raro	3
Probable	1

Tabla 5 Clasificación de la probabilidad de evitar los daños.

Para el análisis de riesgo usaremos la Ecuación 1 y la clasificación del riesgo se presenta en la Tabla 6.

$$Riesgo = Se \times Fr \times \Pr \times Av \qquad Ecuación\ 1$$

Grave	riesgo > 150
Medio	50 < riesgo < 150
Leve	riesgo < 50

Tabla 6 Clasificación de riesgo utilizada de acuerdo a las tareas en centrales eléctricas

Las tareas específicas en las que se realiza el análisis, evaluación de riesgo, se presentan en la Tabla 7.

N°	**Descripción de la tarea a realizar.**	**Se**	**Fr**	**Pr**	**Av.**	**Evaluación y Clasificación del riesgo**
	Inspección de Motores de grúa de 30Toneladas casa de máquina. 480V					
1	Medición de corriente del inversor de giro del gancho principal, con circuito energizado y cables expuestos.	6	2	3	2	72
2	Apriete de conexiones del bus principal de 480V. Circuito desenergizado	1	2	2	1	4
3	Prueba de translación del puente y revisión del carro transportador de cables, circuito energizado. 3 metros de distancia.	8	2	2	3	96

Tabla 7 Tareas utilizadas para el análisis de riesgo eléctrico

	Inspección de Motores de grúa de 30Toneladas casa de máquina. 480V					
4	Limpieza de paneles con aspiradoras. Circuito desenergizado, cables expuestos.	1	2	1	1	2
N°	**Descripción de la tarea a realizar.**	**Se**	**Fr**	**Pr**	**Av.**	**Evaluación y Clasificación del riesgo**
1	Inhabilitar el generador de la planta de emergencia.	3	2	2	3	36
2	Abrir puerta de panel principal de control y fuerza de planta de transferencia, circuito energizado, cables expuestos, 480V a menos de 50cm.	6	2	2	3	72
3	By-pasear carga al sistema de red de suministro normal, para inhabilitar la transferencia. Cables expuestos, 480V a menos de 50cm.	8	2	3	3	144
4	Desmontar tapadera de transferencia para limpieza de contactos de potencia. Circuito desenergizado, 480V a menos de 50cm.	8	2	3	3	144
5	Probar la conductividad de los contactos con un micro ohm-metro, circuito desenergizado. 480V a menos de 50cm.	8	2	1	1	16
6	Normalizar.	8	2	2	3	96
	Cambio de fusible de potencia de los PT. 13,800V					
1	Solicitar apertura del interruptor principal de unidad.	1	2	3	1	6
2	Extraer gaveta porta fusible, circuito desenergizado.	1	2	2	1	4
3	Prueba de resistencia ohmica de fusibles.	1	2	1	1	2
4	Reemplazar fusible dañado.	1	2	1	1	2
5	Normalizar.	1	2	2	1	4

Tabla 8 Tareas utilizadas para el análisis de riesgo eléctrico (Continuación)

2.3 Procedimiento de bloqueo y etiqueta

Principios del procedimiento de bloqueo y etiquetado.

Todas las partes de circuitos y conductores de circuitos eléctricos se deben considerar energizados hasta que la fuente de energía sea retirada, momento en el cual se debe considerar desenergizado.

Todas las personas que puedan estar directa o indirectamente expuestas a una fuente de energía eléctrica deben de participar en el proceso de bloqueo y etiqueta.

Se debe entrenar a todo al personal que puedan estar expuestos o afectados por el bloqueo y etiquetado, deben recibir entrenamiento para entender el procedimiento establecido para controlar la energía y sus responsabilidades en el procedimiento y ejecución.

El bloqueo y etiquetado se puede desarrollar mediante en bloqueo simple o mediante el bloqueo complejo.

Bloqueo simple

Es aquel en el que solo participa una persona calificada para desenergizar un conjunto de conductores o fuente de circuitos energizados.

Procedimiento de bloqueo/etiqueta complejo.

Se considera bloqueo complejo si existe una de las siguientes condiciones

1. Múltiples empleadores.
2. múltiples fuentes de energía
3. múltiples lugares.
4. Múltiples grupos de trabajo.
5. Múltiples medios de desconexión.
6. Trabajo o tarea con más de un turno.

Consideraciones del bloqueo y etiqueta.

1. Se debe delegar la responsabilidad principal a un empleado autorizado, para un grupo determinado de personas trabajando bajo la protección de un dispositivo de

bloqueo o etiqueta grupal, esta persona debe proporcionar el mecanismo de candado grupal y asegura que el procedimiento de bloqueo se realice de forma segura.

2. Se debe llevar un registro de las personas que están expuestas y establecer EPP adecuado para la tarea a desempañar.
3. Se debe ubicar una viñeta en la cual se establezca la prohibición de la manipulación.
4. Cada empleado autorizado debe fijar un dispositivo de bloqueo antes de comenzar el trabajo y retirarlo cuando termine su trabajo.

A continuación, se establece un procedimiento específico de bloqueo y etiquetado.

Responsable bloqueo/etiqueta:	Revisado por:	Autorizado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

1. Objetivo

Establecer un procedimiento para el etiquetado de protección y proporcionar un sistema uniforme para el aislamiento y etiquetado de los equipos de planta, para garantizar la seguridad del personal en el trabajo y prevenir daños en los equipos.

2. Alcance

Este procedimiento de etiquetado se establece para proteger al personal y equipos que se encuentran instalados en la central eléctrica.

Es responsabilidad del Gerente de la planta el cumplimiento de este procedimiento.

3. Definiciones.

Etiqueta de peligro (Roja): Esta etiqueta se colocará en los interruptores de potencia y control, arrancadores de motores, manivelas de válvulas y otros mecanismos, para prevenir la operación o manipulación de los componentes y la activación de los circuitos de potencia y control, además de utilizar un candado para mayor seguridad donde sea posible. Es una señal de guarda para la seguridad del personal. Los interruptores o conmutadores se colocarán en posición de “OFF” o “DESACTIVADOS”, interruptores fuera del bastidor y válvulas completamente cerradas. No se permitirá manipular equipos con la etiqueta de peligro colocada.

Etiqueta de Precaución (Amarillo): Esta etiqueta se colocará sobre conmutadores de control, válvulas, y otros mecanismos para indicar el estado normal de un equipo o sistema determinado o el estado de otros sistemas a los que puede afectar la operación de un equipo o sistema determinado.

Etiqueta de equipo en espera (verde): esta etiqueta se colocara en todos los equipos fuera de operación, es decir aquellos que equipos que estan en espera.

Supervisor de Operación: Tiene la responsabilidad de la administración del sistema de etiqueta de peligro. El personal que requiera protección ante equipos activados, contactará con el Supervisor de Operación para asegurarse de que serán protegidos adecuadamente.

Etiqueta de descargo: Acción de situar el equipo en una posición segura y colocar etiquetas de peligro en el equipo advirtiendo del peligro potencial para el personal y equipo. Puede también incluir la inmovilización y/o puesta a tierra en su posición, dependiendo del peligro potencial que pueda ocasionar.

4. Descripción del proceso.

No.	Actividad	Responsable	Comentarios
1	Solicitar autorización para realizar trabajo	Electricista	La persona que autoriza a realizar el trabajo es el coordinador del área eléctrica.
2	Identificar número de personas expuestos directa o indirectamente	Operador de turno.	Personal expuesto directamente: personas que trabajan con el equipo eléctrico que se desea desenergizar. Personal expuesto de forma indirecta: personas que trabajan en equipos no eléctricos relacionados con el equipo que se desea desconectar. Coordinar con otros departamentos de ser necesario.
3	Proporcionar dispositivo de bloqueo grupal si requiere	Operador de turno.	El dispositivo de bloqueo grupal será requerido siempre que se trabaje con múltiples fuentes, múltiples grupos de personas, exista la posibilidad de cambios de turnos.
4	Determinar fuentes de energías y desenergizar	Ejecutante de la tarea	Revisión análisis equipo a intervenir, según sección (a identificar) para obtener distancias de seguridad y EPP requerido. El ejecutante de la tarea debe ser personal calificado.
5	Fijar dispositivos de bloqueo y etiqueta	Ejecutante de la tarea	El dispositivo se debe instalar únicamente en medios de desconexión de circuitos para garantizar que no se pueda desbloquear, de no ser posible fijar un dispositivo de bloqueo adecuado se debe tomar otra medida de bloqueo adicional. La etiqueta debe contener un enunciado que prohíba la operación o remoción no autorizada de los medios de desconexión o el retiro no autorizado del dispositivo, dicha etiqueta debe ser colocada junto al mecanismo de bloqueo de cada persona.

No.	Actividad	Responsable	Comentarios
6	Verificar ausencia de tensión en el circuito de trabajo	Ejecutante de la tarea	Es necesario garantizar que el circuito en el que se trabaja efectivamente se encuentra desenergizado. Probar el equipo de medición en un circuito energizado para comprobar el funcionamiento
7	Liberación de la energía almacenada	Ejecutante de la tarea	Los equipos como capacitores, inductores, transformadores almacenan energía la cual debe liberarse de forma segura.
8	Delimitar el área de trabajo	Ejecutante de la tarea	Utilizar barricadas, señales de advertencia etc.
9	Poner a tierra los conductores de fase, instalar dispositivos de conexión a tierra con capacidad adecuada para la corriente de corto circuito.	Ejecutante de la tarea	Garantiza la protección del personal ya que actuarían las protecciones eléctricas si por algún motivo se energiza el equipo.
10	Realizar mantenimiento según el plan establecido.	Ejecutante de la tarea	Seguir indicaciones y herramientas adecuadas
11	Ubicación de las copias de llaves.	Encargado de seguridad industrial.	Es importante que exista un respaldo de las llaves bajo custodia del encargado de seguridad para solventar eventualidades no planificadas y fuera de control.
12	Transferencia de información entre operadores de turno	Operador de turno.	Al realizarse el cambio de turno Se debe transferir responsabilidades por escrito, nombres de las personas y sus funciones.
13	Retirar dispositivos de bloqueo	Ejecutante de la tarea	Cuando la persona termine su actividad de mantenimiento o inspección debe retirar su dispositivo de bloqueo, si requiere hacer pruebas debe esperar a que todos los involucrados hayan terminado el trabajo en ese mismo equipo, si el desbloqueo es realizado por una persona calificada diferente a quien previamente había bloqueo es obligación garantiza que la persona que instalo previamente sepa que su candado fue retirado antes de retirarlo.

No.	Actividad	Responsable	Comentarios
14	Entrega el equipo a operaciones	Ejecutante de la tarea	El personal de mantenimiento entrega el equipo al área de operaciones quienes se encargan de planificar las pruebas cuando el proceso lo permita.
15	Energizar y pruebas en el equipo.	Operador de turno	Inspeccionar lugar de trabajo, garantizar que no se encuentre personal en cada uno de los puntos de trabajo descritas en paso uno. Si la zona se encuentra despejada proceder a energizar y a realizar las pruebas respectivas.

Ver ANEXO B para viñetas a utilizar en el procedimiento de bloqueo y etiqueta

2.4 Permiso para trabajo eléctrico energizado

PARTE I: A SER COMPLETADO POR EL SOLICITANTE:

N° Orden de trabajo_____

1. Descripción del circuito/equipo/lugar del trabajo:

_____

2. Descripción del trabajo a realizar:

_____

3. Justificación de por qué el circuito/equipo no puede ser desenergizado o el trabajo diferido hasta la próxima interrupción programada:

_____

PARTE II: A SER COMPLETADO POR LA PERSONA CALIFICADA ELÉCTRICAMENTE HACIENDO LA TAREA:

Actividades	**Marque al completar**
Descripción del procedimiento de trabajo a utilizar al realizar la tarea detallada arriba:	❑
Descripción de las prácticas de trabajo seguro a emplear:	❑
Resultados del análisis del riesgo de choque eléctrico (según sección 2.1): 1. Voltaje al cual estará expuesto el personal: 2. Frontera de aproximación limitada 3. Frontera de aproximación restringida 4. Equipo de protección personal contra choque eléctrico necesario para realizar la tarea de forma segura	❑ ❑ ❑ ❑
Resultados del análisis del riesgo de relámpago de arco (según sección 2.1): 1. Energía del incidente disponible a la distancia de trabajo o categoría de EPP de relámpago de arco. 2. Equipo de protección personal contra relámpago de arco necesario para realizar la tarea de forma segura. 3. Frontera de relámpago de arco.	❑ ❑ ❑
Medios de restricción de acceso a personas no calificadas al área de	❑

<table>
<tr><td colspan="2">trabajo:_____</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Evidencia de realización de un informe de trabajo incluyendo discusión de peligros asociados a las tareas: _____</td><td>❑</td></tr>
<tr><td colspan="3">¿Está de acuerdo en que el trabajo descrito arriba puede hacerse de forma segura?
❑ Sí ❑ No (Si no, devolver al solicitante.)</td></tr>
<tr><td>Elaborado por:
Personal calificado que ejecuta o acompaña en la tarea.
Fecha Firma</td><td colspan="2">Aprobado por Coordinador/ Supervisor mantenimiento eléctrico.

Fecha Firma</td></tr>
<tr><td colspan="3">Visto bueno: Encargado de seguridad industrial:

Fecha Firma</td></tr>
</table>

Ver ANEXO C para etiqueta informativa de peligro de choque y arco eléctrico colocada en los equipos

CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo se utilizó la norma NFPA 70E para realizar evaluaciones de seguridad eléctrica en aspectos de definición de fronteras de relámpago de arco y fronteras de aproximación limitada y restringida, en diferentes equipos operativos de una central de generación eléctrica. Luego se evaluaron los riesgos de diferentes tareas y se realizó un análisis de riesgo al procedimiento de bloqueo y etiquetado.

El procedimiento revisado, que se muestra en este trabajo como ejemplo de aplicación de la metodología; es una recomendación que, como lo recomienda la norma, debe revisarse cada cierto tiempo para mejorar los procedimientos establecidos.

3.1 Conclusiones

1. En el presente trabajo, haciendo caso a la recomendación que incluso el voltaje residencial es considerado fatal en circunstancias de contacto en piel húmeda, se incluyeron las evaluaciones de dos cajas de distribución eléctrica 240/120 Voltios.

2. De los resultados obtenidos en la evaluación de riesgo se concluye que las consecuencias por riesgos de arco a las que se expone el personal trabajando en circuitos energizados dependen de las distancias de aproximación a conductores energizados expuestos, de la potencia nominal y del tiempo de resolución de la falla. En el caso de análisis de los interruptores de máquina (equipos a 13.8 kV) la zona completa del pasillo del generador se encuentra dentro de la frontera de relámpago de arco.

3. En base al nivel de voltaje, la potencia y al tiempo de liberación de falla se determinó la categoría del EPP necesario para relámpago de arco, lo cual permitirá que el personal que deba realizar tareas de resolución de fallas donde se exponga a circuitos energizados conocerá de la necesidad del uso de estos equipos de protección personal.

4. Se requiere permisos de trabajo energizado siempre que no sea posible desconectar el circuito ya que ello garantiza realizar una buena planificación y reducir los riesgos.

5. En base al análisis de riesgo de choque eléctrico y las tensiones nominales de exposición se aplicaron las fronteras de aproximación a equipos eléctricos típicos, lo cual sirve para conocer las distancias de circulación aceptables.

3.2 Recomendaciones

1. Se requiere permisos de trabajo energizado siempre que no sea posible desconectar el circuito ya que ello garantiza realiza una buena planificación y reducir los riesgos.

2. Siempre que se posible la desconexión del circuito se recomienda implementar procedimientos de trabajo eléctrico seguro como bloqueo y etiquetado.

3. Se recomienda la capacitación periódica del personal calificado de acuerdo con los requerimientos que se mencionan en la sección 2.6 para que el trabajo realizado sea efectuado de la forma más segura posible. De la misma manera, el personal no calificado debe capacitarse para atender las recomendaciones necesarias para no exponerse a riesgo eléctrico en una central eléctrica.

4. Se recomienda capacitar al personal no calificado en el conocimiento de las señales donde se establecen los límites de aproximación según el nivel de tensión al que se está expuesto.

GLOSARIO

El presente capítulo tiene la finalidad de facilitar al lector algunos conceptos técnico básico que permitan la comprensión del presente trabajo, los cuales han sido tomados de las normas en estudio.

Accesible (referido a equipos.). Equipo al que es posible tener acceso; no resguardado por: puertas o cerraduras, altura, u otros medios efectivos.

Accesible (referido a los métodos de alambrado). Que se puede desmontar o exponer sin dañar la estructura o acabados del edificio, o que no está rodeado permanentemente por la estructura o acabado del edificio.

Accesible, fácilmente (fácilmente accesible). Elemento al que es posible tener acceso rápidamente para: operarlo, cambiarlo o inspeccionarlo, sin que los operarios que requieran tener acceso: deban subir o quitar obstáculos, ni recurrir a escaleras portátiles, etc.

Activo: Es un elemento, cosa o entidad que tiene un valor real o potencial para una organización. Un activo es un elemento, cosa o entidad que tiene un valor real o potencial para una organización.

Aislado: Separado de otras superficies conductoras por medio de un dieléctrico (incluyendo espacio de aire) que ofrece alta resistencia al paso de corriente.

Alimentador: Todos los conductores de un circuito entre: el equipo de acometida, o la fuente de un sistema derivado independiente, u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.

Automático: Que actúa por sí mismo, que funciona por sus propios mecanismos cuando es accionado por un medio sin intervención personal, como por ejemplo un cambio: en la intensidad de la corriente, de la presión, de la temperatura, o de la configuración mecánica.

Barrera: Una obstrucción física que tiene el propósito de impedir contacto con el equipo o partes energizadas, o para impedir el acceso no autorizado a un lugar de trabajo.

Barricada: Una obstrucción tal como: cintas, conos, o estructuras tipo A de madera o de metal, con el propósito de advertir al respecto y de limitar el acceso a un lugar peligroso.

Cables de media tensión: Un cable tipo MV (medio voltaje) es un cable sencillo o multiconductor, con aislamiento dieléctrico sólido, para tensiones nominales de 2001 V en adelante.

Capacidad de corriente: Corriente, en amperios, que un conductor puede transportar continuamente en condiciones de uso, sin superar su temperatura nominal de servicio.

Choque eléctrico: Efecto fisiológico resultante de la circulación de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Si se produce la muerte del accidentado se habla de electrocución.

Centro de control de motores (Motor Control Center). Ensamble de una o más secciones encerradas que tienen barras de energía comunes y que contienen principalmente unidades de control de motores.

Condición de trabajo eléctricamente segura. Un estado en el que el conductor o una parte del circuito en el que se va a trabajar o próximo al mismo, se ha desconectado de partes energizadas, bloqueando/ etiquetando de acuerdo a las normas establecidas, probando para asegurar la ausencia de voltaje y puesto a tierra, si se determina que es necesario.

Conductor: Adecuado para transportar corriente eléctrica.

1. Aislado: Conductor encerrado dentro de un material de composición y espesor reconocidos por esta norma como aislamiento eléctrico.
2. Cubierto. Conductor encerrado dentro de un material de composición o espesor no reconocido por esta norma como aislante eléctrico.
3. Desnudo. Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: Conductor utilizado para conectar las partes metálicas que no conducen corriente: de los equipos, de las canalizaciones, de otros encerramientos, al conductor puesto a tierra del sistema, al conductor del electrodo de puesta a tierra o a ambos, en los equipos de acometida o en la fuente de un sistema derivado independiente.

Controlador: Dispositivo o grupo de dispositivos, que sirven para gobernar, de algún modo predeterminado, la potencia eléctrica que se suministra al aparato al que está conectado.

Desenergizado. Libre de cualquier conexión eléctrica a una fuente de diferencia de potencial y de carga eléctrica; no tiene un potencial diferente del de la tierra.

Diagrama eléctrico unifilar: Un diagrama que muestra por medio de líneas sencillas y símbolos gráficos, el curso de un circuito eléctrico o sistema de circuitos y los dispositivos o partes componentes utilizados en el circuito o sistema.

Energizado (Energized). Conectado eléctricamente a una fuente de tensión o que es una fuente de tensión.

Energía incidente (Incident Energy). La cantidad de energía térmica expuesta sobre una superficie a una cierta distancia de la fuente generada durante un evento de arco eléctrico. La energía incidente generalmente es expresada en calorías sobre centímetro cuadrado (cal/cm^2).

Equipo: Término general que incluye: los materiales, herrajes, dispositivos, artefactos, utensilios, aparatos y similares, utilizados como parte de, o en conexión con una instalación eléctrica.

Expuesto: El circuito está una posición tal que, en caso de falla de los apoyos o del aislamiento, puede hacer contacto con otro circuito.

Expuesto (como se aplica a partes energizadas): Que por descuido puede ser tocado por una persona, o que es posible que ella pueda aproximarse a él a una distancia menor que la de seguridad. Se aplica a las partes que no están adecuadamente: resguardadas, separadas, o aisladas eléctricamente.

Evaluación de Riesgo (Risk Assessment). Un proceso integral que identifica peligros, calcula la severidad potencial de las heridas o el daño a la salud, calcula la probabilidad de ocurrencia de heridas o daño a la salud y determina si se requieren medidas de protección.

Falla a Tierra (Ground Fault). Una conexión conductora eléctrica no intencional entre un conductor no puesto a tierra de un circuito eléctrico y los conductores normalmente no

portadores de corriente, como envolventes metálicos, canalizaciones metálicas, equipos metálicos o tierra.

Frente muerto: Sin partes energizadas expuestas a las personas en el lado de operación de los equipos.

Frontera de relámpago de arco (Boundary, Arc Flash). Cuando existe un peligro de relámpago de arco, el límite de aproximación a una distancia desde la fuente potencial de arco, dentro de la cual una persona puede recibir una quemadura de segundo grado si ocurriera un relámpago de arco eléctrico.

> Nota informativa: Es posible sufrir una quemadura de segundo grado por exposición de la piel no protegida a un relámpago de arco eléctrico por encima del nivel de energía incidente de 5 J/cm2 (1.2 cal/cm2).

Frontera de aproximación limitada (Boundary, Limited Approach). Un límite de aproximación a una distancia desde un conductor expuesto o parte del circuito energizado dentro de la cual aumenta el peligro de choque.

Frontera de aproximación restringida (Boundary, Limited Approach). Un límite de aproximación a una distancia desde un conductor expuesto o parte del circuito energizado dentro de la cual aumenta la probabilidad de choque eléctrico, debido al arco eléctrico ocasionado por movimientos involuntarios, para personal que trabaja cerca del conductor eléctrico o parte de circuito energizado.

Panel de distribución: Panel o grupo de paneles diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel; incluye: las barras, los dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y equipado con o sin interruptores para el control de circuitos de: alumbrado, calefacción, o potencia; está diseñado para que se instale en un gabinete o caja de corte,

Interruptor Automático: Dispositivo diseñado para que abra y cierre un circuito de manera manual y para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada, sin daños para sí mismo.

Lugar de trabajo: Todos los sitios donde los trabajadores deben permanecer o adonde tienen que acudir por razón de su trabajo, y que se hallan bajo el control directo o indirecto del empleador. Convenio 155 sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981.

Partes energizadas: Conductores, barras, terminales, o componentes eléctricos, sin aislar o expuestos, en los que existe el riesgo de descarga eléctrica.

Peligro de relámpago de arco (Arc Flash Hazard). Condición peligrosa asociada con la posible liberación de energía causada por un arco eléctrico.

Peligro de choque (Shock Hazard). Una condición peligrosa asociada con la posible liberación de energía causada por el contacto o aproximación con conductores o partes del circuito eléctrico energizado.

Peligro eléctrico (Electrical Hazard). Una condición peligrosa tal que el contacto o la falla de equipos pueden resultar en un choque eléctrico, quemadura de relámpago de arco, quemadura térmica, o ráfaga.

Persona calificada: Persona calificada (Qualified Person). Persona que ha demostrado habilidades y conocimientos relacionados con la construcción y el funcionamiento de las instalaciones y los equipos eléctricos y que ha recibido capacitación en seguridad para identificar y evitar los peligros implicados.

Resguardado: Cubierto, blindado, cercado, encerrado, o de otra manera protegido por medio de: tapas, carcasas, cubiertas, barreras, rieles, pantallas, rejillas, o plataformas, adecuadas para eliminar la posibilidad de aproximación o de contacto, con personas u objetos, a un punto peligroso.

Seguridad eléctrica: El reconocimiento de los peligros asociados con el uso de la energía eléctrica y la toma de precauciones para que los peligros no causen heridas o muerte.

Sobrecarga (Overload). Funcionamiento de un equipo por encima de su capacidad nominal de plena carga, o de un conductor por encima de su ampacidad nominal que, cuando persiste durante un tiempo suficientemente largo, podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra no es una sobrecarga.

Sobrecorriente (Overcurrent). Cualquier corriente que supere la corriente nominal de un equipo o la ampacidad de un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

Tablero de distribución: Panel sencillo, bastidor, o conjunto de paneles de tamaño grande, en el que se montan, por delante o por detrás, o por ambos: interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección, barras de conexión e instrumentos en general. Los tableros de distribución son accesibles generalmente por delante o por detrás y no están destinados para instalación dentro de gabinetes.

Tablero de potencia con revestimiento metálico (Switchgear, Metal-Clad). Tablero totalmente encerrado en todos sus lados y la parte superior con láminas metálicas, que tiene dispositivos de interrupción y conmutación extraíbles, y todas las partes vivas encerradas en compartimientos metálicos puestos a tierra.

Tablero resistente al arco (Switchgear, Arc-Resistant). Equipo diseñado para resistir los efectos de una falla de arco interna y que direcciona la energía producida internamente lejos del empleado.

Tensión de paso: Una diferencia de gradiente de potencial a tierra, que puede hacer que fluya corriente de un pie a otro a través del cuerpo.

Tensión de toque: Una diferencia de gradiente de potencial a tierra, que puede producir flujo de corriente de una mano a otra, o mano a pie, a través del cuerpo.

Tensión (de un circuito). La mayor diferencia de potencial raíz media cuadrática (eficaz, rms) entre dos conductores cualesquiera de un circuito considerado.

Tensión, nominal: Valor nominal asignado a un circuito o sistema, para designar convenientemente su nivel de tensión

Trabajo en (conductores eléctricos o partes de circuitos energizados) [Working On (energized electrical conductors or circuit parts)]. Entrar en contacto intencionalmente con conductores eléctricos o partes de circuitos energizados con las manos, pies, u otras partes del cuerpo, con herramientas, sensores, o equipos de prueba, sin tener en cuenta el equipo de protección personal (EPP) que la persona esté utilizando. Hay dos categorías de “trabajos en”: Diagnóstico (pruebas) es tomar lecturas o medidas del equipo eléctrico con equipos de prueba aprobados que no requieren hacer ningún cambio físico al equipo; reparación es cualquier alteración física del equipo eléctrico (como por ejemplo hacer o ajustar conexiones, remover o reemplazar componentes, etc.).

Traje de protección contra relámpago de arco (Arc Flash Suit). Sistema completo de vestimenta y equipo resistente al arco que cubre todo el cuerpo, a excepción de las manos y pies.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ley general de prevención de riesgos en lugares de trabajo. decreto 254, Asamblea legislativa de la república de El Salvador, 21 de enero 2010.
- Reglamento general de prevención de riesgos en los lugares de trabajo república de El Salvador, 15 de junio 2000.
- Seguridad eléctrica en los lugares de trabajo NFPA 70E 2015.
- LA ROSA BOTONERO, Javier (2017). Informe sobre la norma IEC 60479. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PERÚ.

ANEXO A. TABLAS DE LA NORMA NFPA-70E 2015 EN ESPAÑOL UTILIZADAS EN CAPITULO 2.

(1)	(2)	(3)	(4)
	Frontera de aproximación limitada[b]		
Rango de tensión nominal del sistema, fase a fase[a]	Conductor móvil expuesto[c]	Parte de circuito fijo expuesto	Frontera de aproximación restringida[b]; incluye el agregado de movimientos involuntarios
<50 V	No especificado	No especificado	No especificado
50 V–300 V[d]	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 6 pulg.)	Evitar Contacto
301 V–750 V	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 6 pulg.)	0.3 m (1 pies 0 pulg.)
751 V–15 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.5 m (5 pies 0 pulg.)	0.7 m (2 pies 2 pulg.)
15.1 kV–36 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.8 m (6 pies 0 pulg.)	0.8 m (2 pies 7 pulg.)
36.1 kV–46 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	2.5 m (8 pies 0 pulg.)	0.8 m (2 pies 9 pulg.)
46.1 kV–72.5 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	2.5 m (8 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 3 pulg.)
72.6 kV–121 kV	3.3 m (10 pies 8 pulg.)	2.5 m (8 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 4 pulg.)
138 kV–145 kV	3.4 m (11 pies 0 pulg.)	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.2 m (3 pies 10 pulg.)
161 kV–169 kV	3.6 m (11 pies 8 pulg.)	3.6 m (11 pies 8 pulg.)	1.3 m (4 pies 3 pulg.)
230 kV–242 kV	4.0 m (13 pies 0 pulg.)	4.0 m (13 pies 0 pulg.)	1.7 m (5 pies 8 pulg.)
345 kV–362 kV	4.7 m (15 pies 4 pulg.)	4.7 m (15 pies 4 pulg.)	2.8 m (9 pies 2 pulg.)
500 kV–550 kV	5.8 m (19 pies 0 pulg.)	5.8 m (19 pies 0 pulg.)	3.6 m (11 pies 10 pulg.)
765 kV–800 kV	7.2 m (23 pies 9 pulg.)	7.2 m (23 pies 9 pulg.)	4.9 m (15 pies 11 pulg.)

Tabla 130.4(D)(a) Fronteras de aproximación a conductores eléctricos o partes de circuitos energizados para protección contra descargas eléctricas para sistemas de corriente alterna (Todas las dimensiones corresponden a la distancia desde el conductor eléctrico o pieza de circuito energizado hasta el empleado)

(1)	(2)	(3)	(4)
	Frontera de aproximación limitada		
Diferencia del potencial nominal	Conductor móvil expuesto*	Parte de circuito fija expuesta	Frontera de aproximación restringida*; incluye el agregado de movimientos involuntarios
<100 V	No especificado	No especificado	No especificado
100 V–300 V	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 6 pulg.)	Evitar contacto
301 V–1 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 6 pulg.)	0.3 m (1 pies 0 pulg.)
1.1 kV–5 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.5 m (5 pies 0 pulg.)	0.5 m (1 pies 5 pulg.)
5 kV–15 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.5 m (5 pies 0 pulg.)	0.7 m (2 pies 2 pulg.)
15.1 kV–45 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	2.5 m (8 pies 0 pulg.)	0.8 m (2 pies 9 pulg.)
45.1 kV– 75 kV	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	2.5 m (8 pies 0 pulg.)	1.0 m (3 pies 2 pulg.)
75.1 kV–150 kV	3.3 m (10 pies 8 pulg.)	3.0 m (10 pies 0 pulg.)	1.2 m (4 pies 0 pulg.)
150.1 kV–250 kV	3.6 m (11 pies 8 pulg.)	3.6 m (11 pies 8 pulg.)	1.6 m (5 pies 3 pulg.)
250.1 kV–500 kV	6.0 m (20 pies 0 pulg.)	6.0 m (20 pies 0 pulg.)	3.5 m (11 pies 6 pulg.)
500.1 kV–800 kV	8.0 m (26 pies 0 pulg.)	8.0 m (26 pies 0 pulg.)	5.0 m (16 pies 5 pulg.)

Tabla 130.4(D)(b) Fronteras de aproximación a conductores o partes de circuitos eléctricos energizados, para la protección contra choque en sistemas de corriente directa.

Tarea	Condición del equipo*	EPP para relámpago de arco requerido
Lectura de un medidor del panel mientras se opera un interruptor de medición	Cualquiera	No
Operación normal de interruptores de circuitos, interruptores, contactores, o arrancadores	Todas las siguientes: El equipo está instalado apropiadamente El equipo está mantenido apropiadamente Todas las puertas del equipo están cerradas y aseguradas Todas las cubiertas del equipo están en su lugar y aseguradas No existe evidencia de falla inminente	No
	Una o más de las siguientes: El equipo no está instalado apropiadamente El equipo no está mantenido apropiadamente Las puertas del equipo están abiertas o no aseguradas Las cubiertas del equipo están retiradas o no aseguradas Existe evidencia de falla inminente	Si
Para sistemas c.a.: Trabajo en conductores y partes de circuitos eléctricos energizados, incluyendo pruebas de tensión	Cualquiera	Si
Para sistemas c.d.: Trabajo en conductores y partes de circuitos eléctricos energizados de celdas de baterías conectadas en serie, incluyendo pruebas de tensión	Cualquiera	Si
Pruebas de tensión en celdas de batería individuales o unidades de celdas múltiples	Todas las siguientes: El equipo está instalado apropiadamente El equipo está mantenido apropiadamente Las cubiertas de todos los otros equipos están en su lugar y aseguradas No existe evidencia de falla inminente	No
	Una o más de las siguientes: El equipo no está instalado apropiadamente El equipo no está mantenido apropiadamente Las puertas del equipo están abiertas o no aseguradas Las cubiertas del equipo están retiradas o no aseguradas Existe evidencia de falla inminente	Si
Retiro o instalación de interruptores de circuitos o interruptores	Cualquiera	Si
Retiro o instalación de cubiertas para equipos tales como canalizaciones de cables, cajas de empalme, y bandejas portacables que no exponen conductores o partes de circuitos eléctricos energizados desnudos	Todas las siguientes: El equipo está instalado apropiadamente El equipo está mantenido apropiadamente No existe evidencia de falla inminente	No
	Cualquiera de las siguientes: El equipo no está instalado apropiadamente El equipo no está mantenido apropiadamente Existe evidencia de falla inminente	Si
Retiro de tapas atornilladas (para exponer conductores y partes de circuitos eléctricos energizados desnudos). Para sistemas c.d., esto incluye tapas atornilladas, tales como cubiertas de terminales de baterías.	Cualquiera	Si

Tabla 130.7(C)(15)(A)(a) Identificación de peligros de relámpago de arco para sistemas de corriente alterna (a.c) y sistema de corriente diresta (c.d)

Categoría de EPP	EPP
1	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 4 cal/cm² (ver Nota 1) Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Protector facial resistente al arco (ver Nota 2) o capucha del traje de protección contra relámpago de arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN) Equipos de protección Casco Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (SR) Protección auditiva (tapones) Guantes de cuero para uso industrial (Ver Nota 3) Calzado de trabajo de cuero (SSN)
2	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm² (ver Nota 1) Camisa de mangas largas y pantalones resistentes al arco u overol (mameluco) resistente al arco Capucha del traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco o protector facial con valor de resistencia al arco (ver Nota 2) y pasamontañas con valor de resistencia al arco Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN) Equipos de protección Casco Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (SR) Protección auditiva (tapones) Guantes de cuero para uso industrial (ver Nota 3) Calzado de trabajo de cuero
3	Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 25 cal/cm² (ver Nota 1) Camisa de manga larga resistente al arco (SSR) Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Overol (mameluco) resistente al arco (SSR) Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco Guantes resistentes al arco (ver Nota 3) Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN) Equipos de protección Casco Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (SR) Protección auditiva (tapones) Calzado de trabajo de cuero
4	Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm² (ver Nota 1) Camisa de manga larga resistente al arco (SSR) Pantalones resistentes al arco (SSR) Overol (mameluco) resistente al arco (SSR) Chaqueta de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Pantalones de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco (SSR) Capucha de traje de protección contra relámpago de arco con valor de resistencia al arco Guantes resistentes al arco (ver Nota 3) Chaqueta, parka, prendas impermeables o forros de cascos con valor de resistencia al arco (SSN) Equipos de protección Casco Anteojos de seguridad o gafas de seguridad (SR) Protección auditiva (tapones) Calzado de trabajo de cuero

Tabla 130.7 (C)(16) Equipos de protección personal (EPP)

ANEXO B. VIÑETAS PARA PROCEDIMIENTO DE BLOQUEO Y ETIQUETA

Etiqueta equipo en espera.

Etiqueta de precaución	Etiqueta de equipo de espera

ANEXO C. ETIQUETA INFORMATIVA PARA PERMISO DE TRABAJO ELÉCTRICO ENERGIZADO

Etiqueta informativa de peligro de choque y arco eléctrico colocada en los equipos

ANEXO D. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES AL DOCUMENO ESCRITO:

“EVALUACIÓN DE RIESGOS EN SISTEMA DE POTENCIA DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN CENTRALES ELÉCTRICAS”

Las observaciones y recomendaciones elaboradas por los jurados calificadores al presente documento se expresan de la siguiente manera:

1- Definir la forma de cómo se va a difundir esta investigación aplicada dentro de la empresa, tanto para los empleados como para sus visitantes.

2- Incluir el nivel de riesgo y las señales de prohibición y riesgos presentes.

3- Según el desarrollo de los análisis para frontera de arco eléctrico, de la sección 2.1.1 a la sección 2.1.26, se recomienda incorporar técnicas visuales de señalizaciones de equipos de protección individual de uso obligatorio mediante ilustraciones para una fácil comprensión.

Señalizaciones equipos de protección personal de uso obligatorio, mencionadas en el anexo D-3