

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

**MAESTRÍA EN SEGURIDAD INDUSTRIAL MENCIÓN  
PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

**EVALUACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DEL  
RIESGO ELÉCTRICO PARA LAS REDES SOTERRADAS DE LA  
CIUDAD DE AMBATO**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MÁSTER (MSc.) EN  
SEGURIDAD INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN PREVENCIÓN DE RIESGOS  
LABORALES**

**JAIME MARCELO GONZÁLEZ GONZÁLEZ**  
**[jaime.gonzalez01@epn.edu.ec](mailto:jaime.gonzalez01@epn.edu.ec)**

**DIRECTOR: Dr. Roque Antonio Santos Torres MSc.**  
**[roque.santos.epn.edu.ec](mailto:roque.santos.epn.edu.ec)**

**Quito, agosto 2023**

© Escuela Politécnica Nacional (2023)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo, Jaime Marcelo González González, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Jaime Marcelo González González

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jaime Marcelo González González, bajo mi supervisión.



---

Dr. Roque Antonio Santos Torres MSc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria de la Escuela Politécnica Nacional, y a todos sus representantes: Docentes, personal administrativo, autoridades, empleados, por su trabajo que aporta de manera trascendental al bienestar y desarrollo de la sociedad.

A la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. por proporcionar la información y las condiciones necesarias para que el presente trabajo se lleve a cabo.

A mi familia por su apoyo incondicional en todos los objetivos, proyectos y sueños que decido emprender, por hacerlos suyos.

A mis compañeros “Los Masters of the universe” por el tiempo que hemos compartido y los vínculos de camaradería que se han creado, necesarios en el camino de la vida.

A todos los que han aportado para el alcance de este objetivo, las palabras de aliento, el impulso a mejorar, las sugerencias, críticas, etc.

**¡Gracias!**

## **DEDICATORIA**

Para Ely, Maty, Joaquín, Ceci, mis maestros del día a día, quienes son mi motivación y el sentido de mi vida.

Para mis compañeros de trabajo que se nos adelantaron, especialmente Víctor y Bolívar, cuya ausencia me ha marcado profundamente y me ha brindado la motivación para creer en la idea de que el “llevar el pan a tu mesa no debe costarte la vida”.

.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>PORTADA</b>	<b>I</b>
<b>DECLARACIÓN</b>	<b>III</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>vi</b>
<b>1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
1.1. Sistema eléctrico de potencia y de distribución	17
1.2. Grupos de nivel de tensión	17
1.3. Redes eléctricas soterradas	18
1.4. Riesgo eléctrico	18
1.5. Contactos directos	18
1.6. Contactos indirectos	19
1.7. Tensión de paso	19
1.8. Tensión de contacto	19
1.9. Efecto de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano	19
1.10. Umbrales del paso de la corriente por el cuerpo humano	21
1.11. Accidente o choque eléctrico	21
1.12. Arco eléctrico (arc flash)	22
1.13. Explosión eléctrica (arc blast)	22
1.14. Ignición por fuego (fire ignition)	23
1.15. Métodos de trabajo en redes eléctricas soterradas	23
1.15.1. Trabajos sin tensión	25
1.15.2. Trabajos en tensión	25
1.15.3. Método de trabajo a potencial	26
1.15.4. Método de trabajo a distancia	27
1.15.5. Método de trabajo en contacto	28
1.15.6. Trabajos en proximidades	28
1.16. Árbol de sucesos	30
1.17. Indicadores de mantenimiento en equipos o sistemas	33
1.17.1. mtbf tiempo medio entre fallos (mean time between failure)	33
1.17.2. mtrr tiempo medio para la reparación (mean time to repair)	33
1.18. Normativa aplicable respecto a los riesgos laborales y riesgos eléctricos	34
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>36</b>
2.1. Identificación de los factores de exposición a la electricidad	37
2.1.1. Lista de verificación	37

2.1.2.	Recopilación de información de los puestos de trabajo	37
2.1.3.	Grupo de sondeo	37
2.1.4.	Ficha de observación basada en el comportamiento	38
2.2.	Determinación de los factores de riesgo eléctrico	38
2.2.1.	Causas de los factores de riesgo	38
2.2.2.	Efectos o eventos de los factores de riesgo	39
2.2.3.	Frecuencia	39
2.3.	Evaluación del nivel de riesgo	39
2.3.1.	Criterios para la aplicación de la metodología	40
2.3.2.	Registro de la información en la matriz	41
2.4.	Propuesta de medidas para la prevención y control sobre el riesgo eléctrico	42
2.5.	Validación de la eficacia de las mejoras propuestas	42
2.5.1.	Etapas para realizar un árbol de eventos	42
2.6.	Metodología utilizada para graficar el árbol de sucesos	47
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>50</b>
3.1.	Resultados de la lista de verificación	50
3.2.	Resultados de la recopilación de información de los puestos de trabajo	51
3.3.	Resultados del grupo de sondeo	52
3.4.	Resultados de la ficha de observación basada en el comportamiento	54
3.5.	Determinación de los factores de riesgo eléctrico	55
3.5.1.	Causas de los factores de riesgo	55
3.5.2.	Efectos o eventos de los factores de riesgo	57
3.5.3.	Frecuencia	58
3.6.	Resultado de la evaluación del nivel de riesgo	59
3.7.	Medidas propuestas para el control sobre el riesgo eléctrico	61
3.7.1.	Medidas propuestas usando la lista de verificación	62
3.7.2.	Medidas de control basadas en la ficha de observación	63
3.7.2.1.	<i>Medidas de control aplicadas:</i>	64
3.8.	Medidas de control aplicadas a la metodología retie	64
3.9.	Validación de la eficacia de las mejoras propuestas	69
3.10.	Etapa previa, familiarización con el contexto (ubicación y disposición de las redes y circuitos soterrados).	69
3.10.1.	identificación de sucesos iniciales de interés	70
3.10.2.	Definición de circunstancias adversas y funciones de seguridad previstas.	71
3.10.3.	construcción de los árboles de sucesos y posibles respuestas del sistema.	72
3.10.4.	Clasificación de las respuestas indeseadas en categorías de similares consecuencias.	74
3.10.5.	Estimación de la probabilidad de cada secuencia.	74
3.10.6.	Cuantificación de respuestas indeseadas.	78

3.10.7. Verificación de todas las respuestas del sistema.	80
3.10.8. Verificación del cambio de nivel de riesgo	80
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>81</b>
<b>4.1. CONCLUSIONES</b>	<b>81</b>
<b>4.2. RECOMENDACIONES</b>	<b>82</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b> Umbrales del paso de la corriente por el cuerpo humano	21
<b>Tabla 1.2.</b> Distancias zona de peligro y zona de proximidad	29
<b>Tabla 2.2.</b> Matriz para análisis de riesgos, expresada en forma horizontal	41
<b>Tabla 2.3.</b> Estimación de la probabilidad de un evento iniciador	45
<b>Tabla 2.4.</b> Definición de tablas de probabilidad	45
<b>Tabla 2.5.</b> Definición de tablas de severidad	46
<b>Tabla 2.6.</b> Definición de tablas de tolerabilidad	46
<b>Tabla 2.7.</b> Estimación de la probabilidad de un evento iniciador	49
<b>Tabla 3.1.</b> Lista de verificación para identificar factores de riesgo eléctrico	50
<b>Tabla 3.2.</b> Denominación del puesto de trabajo	51
<b>Tabla 3.3.</b> Actividades definidas obtenidas del grupo de sondeo	52
<b>Tabla 3.4.</b> Actividades definidas obtenidas del grupo de sondeo	53
<b>Tabla 3.5.</b> Resultados de la ficha de observación	54
<b>Tabla 3.6.</b> Factores de riesgo eléctrico	55
<b>Tabla 3.7.</b> Causas más comunes de los factores de riesgo eléctrico	56
<b>Tabla 3.8.</b> Codificación de efectos o eventos	57
<b>Tabla 3.9.</b> Accidentes eléctricos en la EEASA en el periodo 2017-2023	59
<b>Tabla 3.10.</b> Esquema de la matriz RETIE adaptada con la evaluación de los riesgos	61
<b>Tabla 3.11.</b> Medidas de control en la lista de verificación	62
<b>Tabla 3.12.</b> Esquema de la matriz de análisis de riesgos con medidas propuestas	68
<b>Tabla 3.13.</b> Determinación de sucesos iniciadores en procesos generales	70
<b>Tabla 3.14.</b> Esquema de la matriz con medidas de control de los riesgos	71
<b>Tabla 3.15.</b> Calculo de la probabilidad de un evento iniciador	75
<b>Tabla 3.16.</b> Verificación del nuevo nivel de riesgo	80
<b>Tabla AI.1.</b> Lista de verificación para identificar factores de riesgo eléctrico	89
<b>Tabla AIII.1.</b> Preguntas ficha de observación basada en el comportamiento	94
<b>Tabla AIV.1.</b> Matriz para análisis de riesgos	96

<b>Tabla AV.1.</b> Tabla para toma de decisiones y establecimiento de controles	<b>97</b>
<b>Tabla AVI.1.</b> Matriz para evaluación de riesgos RETIE modificada	<b>98</b>
<b>Tabla AVIII.1.</b> Distancias límites de la zona de trabajo	<b>126</b>
<b>Tabla AVIII.2.</b> Señales de seguridad	<b>130</b>
<b>Tabla AVIII.3.</b> Código de colores para conductores corriente alterna	<b>131</b>
<b>Tabla AVIII.4.</b> Colores para conductores de corriente alterna	<b>131</b>
<b>Tabla AVIII.5.</b> Tabla de Control de Modificaciones	<b>143</b>
<b>Tabla AXIII.1.</b> Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos	<b>155</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Clasificación de los efectos de la corriente sobre el cuerpo humano	20
<b>Figura 1.2.</b> Trabajo en instalaciones eléctricas	24
<b>Figura 1.3.</b> Método de trabajo a potencial	27
<b>Figura 1.4.</b> Método de trabajo a distancia	28
<b>Figura 1.5.</b> Delimitación zonas de peligro y proximidad	30
<b>Figura 1.6.</b> Construcción del árbol de sucesos	31
<b>Figura 1.7.</b> Ejemplo de aplicación de un árbol de eventos o sucesos	32
<b>Figura 1.8.</b> Pirámide de kelsen	34
<b>Figura 2.1.</b> Evaluación de las medidas propuestas	36
<b>Figura 2.2.</b> Construcción del árbol de sucesos	48
<b>Figura 3.1.</b> Accidentes de trabajo por tipo de incapacidad	58
<b>Figura 3.2.</b> Accidentes de trabajo por tipo de incapacidad	59
<b>Figura 3.3.</b> Equipo de puesta a tierra portátil	66
<b>Figura 3.4.</b> Uso de puesta a tierra portátil en cámara de transformación	66
<b>Figura 3.5.</b> Uso de una banqueta aislante en entornos cerrados	67
<b>Figura 3.6.</b> Uso de una alfombra aislante para trabajos en tableros eléctricos.	67
<b>Figura 3.7.</b> Distribución de la red soterrada en el centro de la ciudad de ambato	69
<b>Figura 3.8.</b> Identificación de eventos para construcción del árbol	72
<b>Figura 3.9.</b> Naturaleza binaria de los ramales de la secuencia de eventos	72
<b>Figura 3.10.</b> Condiciones que se presentan en la secuencia de éxitos y fallos	73
<b>Figura 3.11.</b> Representación e identificación de situaciones descontroladas	74
<b>Figura 3.12.</b> Probabilidades de los sucesos representados en el árbol	78
<b>Figura 3.13.</b> Árbol de eventos	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO I.</b>	
lista De Verificación Para Identificación De Factores De Riesgo Eléctrico	89
<b>ANEXO II</b>	
Formato Y Preguntas Para El Grupo De Sondeo	90
<b>ANEXO III</b>	
preguntas Ficha De Observación Basada En El Comportamiento	94
<b>ANEXO IV</b>	
Matriz De Evaluación De Riesgos Del Anexo Del Reglamento Técnico (Retie)	96
<b>ANEXO V</b>	
tabla Para La Toma De Decisiones (Retie)	97
<b>ANEXO VI</b>	
Matriz Para Evaluación De Riesgos Retie Modificada	98
<b>ANEXO VII</b>	
Programa Protección Falla A Tierra	103
<b>ANEXO VIII</b>	
Programa De Prevención Del Riesgo Eléctrico	119
<b>ANEXO IX</b>	
Formato Propuesto Para Permiso De Trabajo Con Riesgo Eléctrico	144
<b>ANEXO X</b>	
Modelo De Análisis De Seguridad En El Trabajo Para Una Actividad De Mantenimiento De Cables Aislados De Redes Subterráneas	146
<b>ANEXO XI</b>	
Formato Permiso De Trabajo Para Excavación	152
<b>ANEXO XII</b>	
Formato De Lista De Chequeo Para Trabajos En Excavación	153
<b>ANEXO XIII</b>	
Matriz De Análisis De Riesgos Con Medidas De Prevención Propuestas	155
<b>ANEXO XIV</b>	
Validación De Las Medidas De Control Mediante La Metodología Árbol De Eventos	167
<b>ANEXO XV</b>	
Listado de Causas Explicitas Empresa Eléctrica Ambato R.C.N. S.A Agencia Ambato	

	194
<b>ANEXO XVI</b>	
Matriz De Contraste De Probabilidad Con Y Sin Medidas De Control	196

## RESUMEN

El presente trabajo, tuvo como objetivo identificar los factores de riesgo eléctrico que pueden causar accidentes al personal de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) que trabajan en redes soterradas. Identificados los factores de riesgo se determinó el nivel de riesgo y se propusieron medidas de prevención y control, con el fin de eliminar o mitigar dicho riesgo.

Luego de proponer las medidas de control, se evaluó la eficacia de dichas medidas propuestas mediante el uso de árboles de eventos (ETA por sus siglas en inglés). Para ello, se analizaron las condiciones de trabajo en redes subterráneas existentes y se estableció un grupo de exposición al riesgo eléctrico conformado por 18 personas entre técnicos electricistas, jefes de grupo, coordinadores de actividades y jefaturas. La forma de determinar el grupo de exposición, estuvo basada en el puesto de trabajo y la jornada laboral.

Se evidenció que existe exposición a factores de riesgo eléctrico, cuyas estimaciones más altas tuvieron que ver con exposición a tensiones de contacto y de paso. Las medidas de control planteadas fueron la utilización de barreras de protección, la implementación de sistemas de protección de falla a tierra, la mejora de los aislamientos y cambios en los procedimientos de trabajo. Las medidas propuestas en el medio fueron la creación de permisos de trabajo, análisis seguro de trabajo (AST), capacitaciones, adiestramientos como una forma de control administrativo a adoptarse.

Las medidas presentadas en el receptor; es decir, las que se aplicaron sobre el trabajador fueron capacitaciones sobre el uso correcto de equipos de protección personal, capacitaciones sobre técnicas para detectar y controlar tensiones de paso, se propuso adiestramiento sobre la colocación de puestas a tierra en redes soterradas, como controles administrativos y la dotación de detectores de proximidad para trabajos sin tensión.

De acuerdo con la metodología utilizada, la evaluación de las medidas de control propuestas demostró una disminución considerable del riesgo eléctrico, lo que proporcionó información para evaluar la eficacia de las mismas.

## INTRODUCCIÓN

La relativamente reciente implementación de redes y sistemas eléctricos soterrados o subterráneos en algunos sectores urbanos, hace necesaria nuevas tecnologías, aplicadas a las operaciones de mantenimiento, construcción, reparación, inspección y tratamiento general de los circuitos. El desarrollo de este tipo de redes, evidencia la importancia de generar conocimientos acerca de las técnicas y las medidas de prevención y control de accidentes, las mismas que en el ámbito de las empresas eléctricas, son esenciales y deben alinearse con los objetivos de expansión y desarrollo de estas organizaciones y las urbes.

Con base en el conocimiento de que los accidentes eléctricos tienen consecuencias graves o fatales, se evidencia la necesidad de perfeccionar los procedimientos de trabajo con electricidad, establecer metodologías de trabajo seguro, acopladas al medio donde se ejecutan.

La operación y mantenimiento de este tipo de redes eléctricas presentan inconvenientes particulares; por tanto, las medidas de prevención y control para realizar trabajos en estas redes y la evaluación de la eficacia de las medidas propuestas, requieren un análisis específico de cómo llevarse a cabo, lo que representa un primer paso importante en la previsibilidad y evitabilidad de accidentes eléctricos.

# **1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1. SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA Y DE DISTRIBUCIÓN**

Un sistema eléctrico de potencia está constituido por dispositivos que convierten una energía primaria en energía eléctrica, luego esta es transportada y distribuida a los usuarios finales. El tipo de corriente que históricamente se adoptó para la distribución es la corriente alterna (Hughes, 1993).

## **1.2. GRUPOS DE NIVEL DE TENSIÓN**

Los grupos de niveles de tensión no están definidos bajo alguna condición o límite físico. Los niveles de tensión son acuerdos, generalmente establecidos por entidades de cada país, en base a la utilidad, facilidad de transmisión o necesidad técnica de su aplicación (Electrical Power Cable Engineering, 2011).

La razón para que los altos niveles de tensión existan es para facilitar el trabajo de transmisión. Transmitir energía eléctrica a grandes distancias requiere elevar la tensión de transporte. Al elevar esta tensión, la corriente disminuye proporcionalmente y por ende disminuye el tamaño de los conductores necesarios para dicha transmisión (Hughes, 1993).

Los niveles medios de tensión generalmente son usados por empresas distribuidoras locales, que toman la energía de la red de transmisión de alta tensión y las reducen en subestaciones, de donde son llevadas a los diferentes puntos geográficos por redes aéreas o subterráneas (Electrical Power Cable Engineering, 2011).

El nivel de baja tensión, es también parte de la red de distribución y en conjunto con la red de media tensión de distribución llega a diversos puntos geográficos. La red de media tensión distribuida, es reducida a niveles más bajos para uso doméstico e industrial, utilizando elementos llamados transformadores, ubicados a lo largo de la red (Ramirez Castaño, 2004).

De acuerdo al Reglamento Sustitutivo del Reglamento de Suministro de Electricidad (Decreto Ejecutivo No. 796, 2005), los niveles de voltaje definidos para Ecuador son los siguientes:

- ✓ Bajo voltaje: inferior a 0,6 kV,
- ✓ Medio voltaje: entre 0,6 y 40 kV,
- ✓ Alto voltaje: mayor a 40 kV

### **1.3. REDES ELÉCTRICAS SOTERRADAS**

Las redes eléctricas soterradas, son aquellas cuyos conductores están situados por debajo del nivel del suelo. Los conductores pueden instalarse directamente enterrados, o bajo tubo, o en conducto. Los conductores usados suelen tener tecnología de aislamiento más sofisticada y las características propias de este tipo de redes hacen que se realicen principalmente en centros urbanos o industriales (Electricistas CL, 2022).

### **1.4. RIESGO ELÉCTRICO**

El riesgo eléctrico se establece como el contacto accidental de alguna parte del cuerpo humano con elementos energizados o fuentes directas de energía eléctrica, de tal manera que el cuerpo o la parte en contacto pase a formar parte del circuito eléctrico, permitiendo el paso de la corriente, entre dos puntos de diferente potencial (Farina, 2015).

### **1.5. CONTACTOS DIRECTOS**

Se da por medio del contacto del cuerpo humano con una parte activa de la instalación eléctrica (Henao Robledo, 2011).

## **1.6. CONTACTOS INDIRECTOS**

Se produce cuando el cuerpo humano entra en contacto con algún elemento que en condiciones normales no debería tener tensión, pero la adquirido de alguna forma (Hena Robledo, 2011).

## **1.7. TENSIÓN DE PASO**

Se conoce como tensión de paso a la diferencia de tensión que experimenta una persona con sus pies separados aproximadamente un metro sobre la superficie del suelo, que se ha energizado por alguna razón, sin tocar ninguna otra superficie (Farina, 2015).

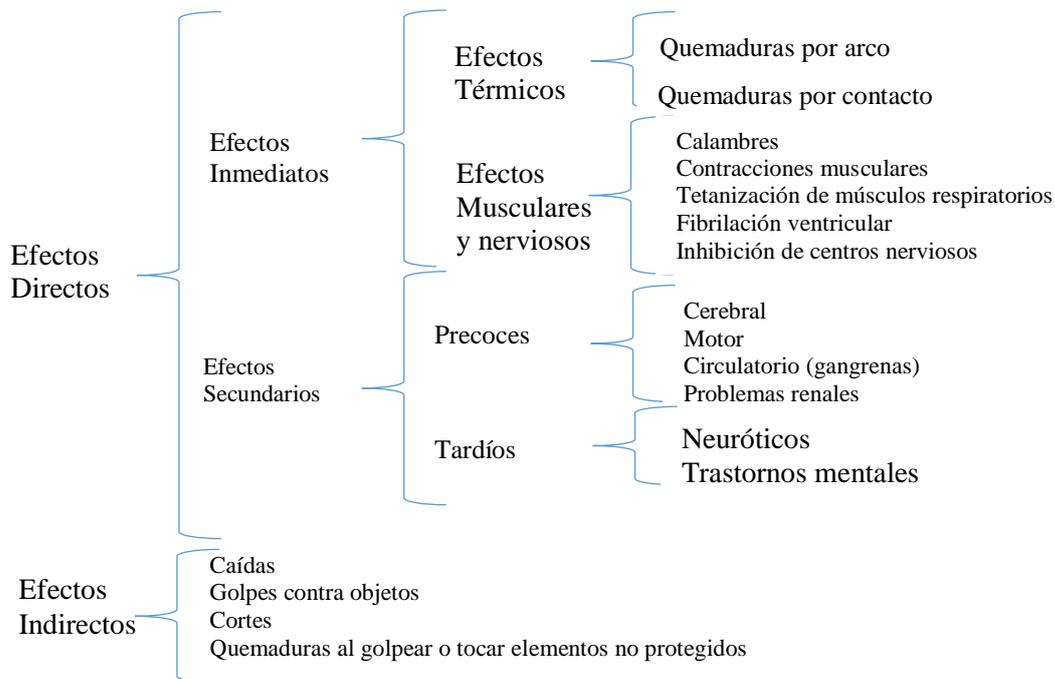
## **1.8. TENSIÓN DE CONTACTO**

Es la diferencia de tensión que se genera entre una estructura metálica conectada a tierra y una superficie donde una persona se para y toca con las manos dicha estructura metálica (Farina, 2015).

## **1.9. EFECTO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA SOBRE EL CUERPO HUMANO**

Cuando una corriente eléctrica circula a través del cuerpo humano puede producir lesiones. Dependiendo de la resistencia del cuerpo, el tiempo de exposición y la intensidad de corriente, estas lesiones pueden causar daños importantes en órganos y tejidos, quemaduras, hasta la muerte por fibrilación ventricular (Pérez Gabarda, 2019).

En la figura 1.1 se muestra un esquema de los posibles efectos que produce la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano directa o indirectamente.



**Figura 1.1.** Clasificación de los efectos de la corriente sobre el cuerpo humano

(Villarrubia, 2022)

Cuando la persona forma parte del circuito eléctrico y se puede identificar al menos dos puntos de contacto, uno de entrada y uno de salida, se considera una **electrización**. Si la persona fallece debido al paso de la corriente por su cuerpo se considera **electrocución** (Pérez Gabarda, 2019).

Los efectos directos más importantes del contacto del cuerpo humano con la electricidad se producen de manera inmediata. Una lesión traumática por contracción muscular puede producirse cuando un músculo debido a la corriente es obligado a contraerse y puede llegar a un estado de contracción permanente conocida como **tétano**. Los impulsos eléctricos que el cuerpo humano genera están en el orden de 0,1 voltios si se adiciona una tensión externa, se perturban los procesos normales (Heno Robledo, 2011).

La **Asfixia**, ocurre cuando la corriente eléctrica atraviesa el tórax y tetaniza los músculos responsables de la respiración. En consecuencia, los pulmones

pierden su capacidad de administrar el aire necesario para la respiración (Farina, 2015).

Las **quemaduras** debido al paso de la corriente por el cuerpo se producen debido al efecto Joule. Estas quemaduras pueden alcanzar órganos, músculos, nervios e incluso huesos. El efecto Joule puede causar la coagulación irreversible de las células de los músculos surcados y la carbonización de estos (Wo Chiu & Burd, 2005).

## 1.10.UMBRALES DEL PASO DE LA CORRIENTE POR EL CUERPO HUMANO

La corriente cuando atraviesa el cuerpo humano tiene diversos efectos, dependiendo del nivel de intensidad. La Tabla 1.1. muestra dichos efectos y los valores umbrales de corriente.

**Tabla 1.1.** Umbrales del paso de la corriente por el cuerpo humano

INTENSIDAD	EFFECTOS SOBRE EL ORGANISMO
0 – 0,5 mA	No se observan sensaciones ni efectos. El umbral de percepción se sitúa en 0,5 mA
0,5 – 10 mA	Calambres y movimientos reflejos musculares. El umbral de no soltar se sitúa en 10 mA
10 – 25 mA	Contracciones musculares. Agarrotamiento de brazos y piernas con dificultad de soltar objetos. Aumento de la presión arterial y dificultades respiratorias.
25 – 40 mA	Fuerte tetanización. Irregularidades cardiacas. Quemaduras. Asfixia a partir de 4 s
40 – 100 mA	Efectos anteriores con mayor intensidad y gravedad. Fibrilación y arritmias cardiacas
~ 1 A	Fibrilación y paro cardiaco. Quemaduras muy graves. Alto riesgo de muerte.
1 – 5 A	Quemaduras muy graves. Parada cardiaca con elevada probabilidad de muerte.

(Villarrubia, 2022)

## 1.11.ACCIDENTE O CHOQUE ELÉCTRICO

Un choque eléctrico o accidente eléctrico es el efecto del contacto del cuerpo humano con una fuente de electricidad, que, dependiendo de la intensidad, frecuencia y tiempo de duración, puede provocar lesiones graves como

quemaduras, trastornos del sistema nervioso, problemas renales, tetanización muscular, paro cardiaco y muerte (Grupo Ctaima, 2020).

### **1.12.ARCO ELÉCTRICO (ARC FLASH)**

El arco eléctrico es un salto de la corriente eléctrica a través del aire de un elemento conductor a otro, debido la diferencia de potencial entre esos dos puntos (de los elementos conductores) que es lo suficientemente grande para que la corriente atravesase este medio (el aire). Debido a la dilatación súbita del aire se produce una explosión (arc blast) y pueden producirse grandes temperaturas capaces de fundir elementos metálicos presentes en sus proximidades (Baigorri Gurrea, 2016).

### **1.13.EXPLOSIÓN ELÉCTRICA (ARC BLAST)**

La explosión eléctrica (arc blast) se puede considerar como la consecuencia de un arco eléctrico (arc flash) (Parsons, 2020). Cuando un corto circuito ocurre, este puede a menudo causar una explosión eléctrica, misma que presentará una onda de presión muy poderosa, con fuerza suficiente para causar daño en los tímpanos, pulmones, cerebro y otros órganos de personas o trabajadores cercanos (Lorentson, 2015).

La fuerza de la explosión puede esparcir partículas de metal derretido que fácilmente puede penetrar los equipos de protección personal (EPP). En estas explosiones se producen temperaturas extremas que alcanzan los 20.000° C (Meza Hernández, 2020), para tener una idea del calor que puede alcanzar. Pueden ocurrir quemaduras, incluso a trabajadores que están varios metros alejados del arco (Iriss, 2018).

#### **1.14. IGNICIÓN POR FUEGO (FIRE IGNITION)**

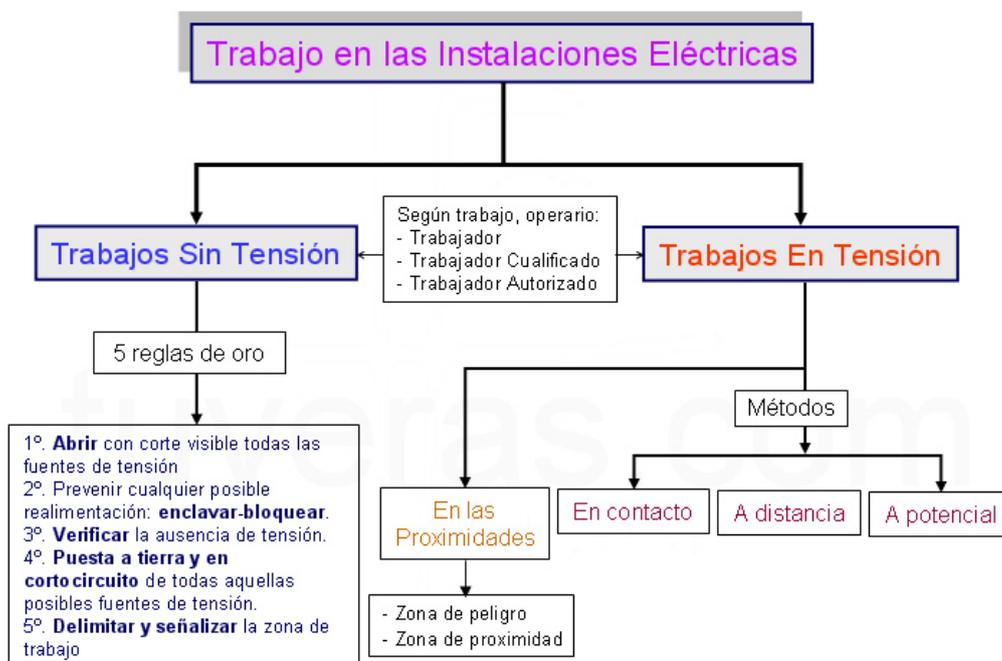
Una fuente de ignición es la energía en forma de calor que hace que un combustible alcance su temperatura de ignición (inicio de la combustión) (Rimac, 2014).

La electricidad como fuente de ignición puede darse, cuando los aparatos o circuitos eléctricos alcanzan altos niveles de calor, debido a cortocircuitos, mantenimiento deficiente, maniobras de conexión y desconexión, sobrecargas de corriente, chispas producidas por corrientes parásitas o descargas electrostáticas (Seguridad minera, 2017)

#### **1.15. MÉTODOS DE TRABAJO EN REDES ELÉCTRICAS SOTERRADAS**

Tanto en redes aéreas como en redes subterráneas, se aplican principios similares que deben cumplirse y medidas que deben adoptarse en los trabajos eléctricos. Los recursos utilizados dependerán mucho de las características de la instalación y la evaluación previa de los riesgos existentes (INSST, 2020).

El trabajo en instalaciones eléctricas, se divide en dos métodos, diferenciados por la ausencia o presencia de energía para realizar la actividad. En la Figura 1.2. Se muestra el esquema de estas dos metodologías de trabajo y las técnicas aplicadas en cada una de ellas.



**Figura 1.2.** Trabajo en instalaciones eléctricas

(Hernández, 2020)

El principio general para trabajos eléctricos en una instalación o su proximidad es que se realice sin tensión. La aplicación secuencial de las denominadas “cinco reglas de oro” para dejar la instalación sin tensión y contener en gran parte alguna energización accidental, complementa la reducción de los riesgos asociados a los trabajos en líneas de energía eléctrica (INSST, 2020).

La decisión de realizar trabajos en tensión no se realiza de forma arbitraria, en la mayoría de países esta decisión se fundamenta en la necesidad de cumplimiento de normativas que regulan la continuidad y calidad del servicio eléctrico (INSST, 2020).

En el caso de Ecuador, la regulación 002/20 emitida por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNR) (Resolución 017, 2020), es donde se establece, mediante parámetros de control, el cumplimiento de estándares de calidad que obligatoriamente implican realizar trabajos con líneas energizadas o en tensión.

Existen tres métodos de trabajo en tensión que garantizan la seguridad: el

método de trabajo a potencial, el método de trabajo a distancia y el método de trabajo en contacto. Dentro de los mencionados es preciso definir procedimientos específicos para cada uno de ellos (INSST, 2020).

### **1.15.1. TRABAJOS SIN TENSIÓN**

Como se indica en la Figura 1.2. y en párrafos anteriores, un trabajo sin tensión se realiza cortando la electricidad, para ello (para suspender la electricidad), se describe una secuencia de pasos que aseguran la reducción del riesgo de un accidente eléctrico producido por una energización imprevista en los diferentes puntos del sitio de trabajo.

Las operaciones y maniobras por realizarse para dejar las instalaciones sin tensión deben ser ejecutadas por personal capacitado, que disponga de documentación que acredite su conocimiento técnico en seguridad industrial, estar autorizado por la organización donde labora para realizar los trabajos y conocer de primeros auxilios (Acuerdo No. 013, 1998).

Como antecedente a las maniobras y/o operaciones en la red y antes de suspender la tensión, se recomienda la planificación y conocimiento de la disposición física de los elementos de la instalación, especialmente en las redes soterradas, este es un factor de importancia al momento de las intervenciones (Health and Safety Authority, 2016).

### **1.15.2. TRABAJOS EN TENSIÓN**

Se considera trabajo en tensión cuando un trabajador, una parte de su cuerpo o las herramientas con las que trabaja, dispositivos o materiales que utiliza entran en la zona de peligro; es decir, la zona circundante más próxima a la fuente de energía. No se consideran trabajos en tensión a las pruebas y ensayos; esto es, actividades que se realizan en laboratorios, ambientes controlados o con el

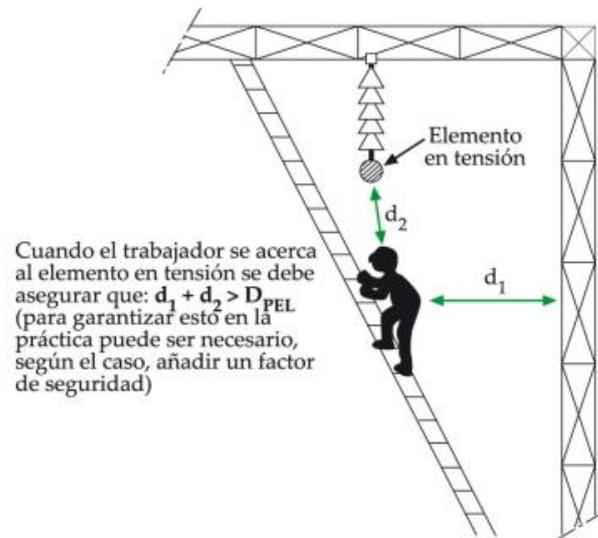
objetivo de medir la efectividad, resistencia o algún otro parámetro de los equipos de protección personal u otros equipos o materiales (INSST, 2020).

### **1.15.3. MÉTODO DE TRABAJO A POTENCIAL**

En este método el trabajador manipula directamente elementos, conductores energizados o en tensión; por lo que el trabajador debe ponerse al mismo potencial del circuito donde está realizando el trabajo. En estas condiciones la distancia entre el trabajador mientras se acerca al elemento en tensión y la distancia entre el trabajador y el aislamiento respecto a tierra es fundamental (Hernández, 2020).

Este método es empleado principalmente para el trabajo en estructuras e instalaciones de alta tensión. Para este tipo de trabajo, se requiere una alta especialización y el uso de ropa externa conductora, con esto se logra mantener al trabajador al mismo nivel de potencial de la red, mediante un apantallamiento tipo Faraday (Seguridad minera, 2017).

En la Figura 1.4 se ilustra el método de trabajo a potencial, "*D<sub>pel</sub>*" (distancia de peligro), en este método y en el gráfico se refiere a la distancia a la que puede producirse una descarga hacia el trabajador o un arco eléctrico; por lo que, la distancia de aislamiento "*d<sub>1</sub>*", conforme se acerca al elemento en tensión debe ser mayor.



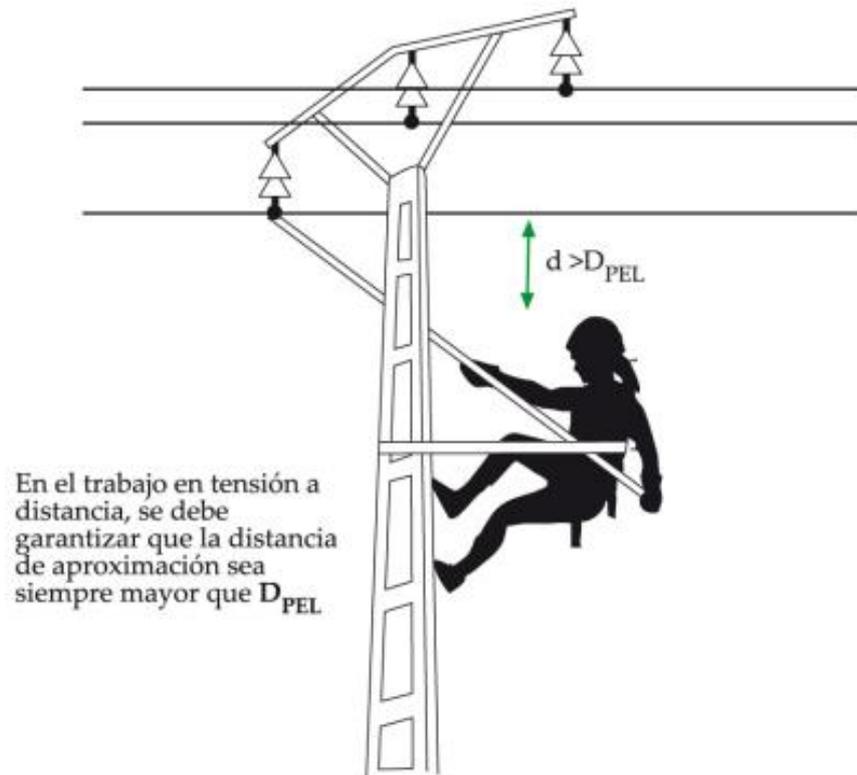
**Figura 1.3.** Método de trabajo a potencial

(INSST, 2020)

#### 1.15.4. MÉTODO DE TRABAJO A DISTANCIA

En este método, el trabajador debe permanecer al mismo potencial de tierra, ya sea desde el suelo o sobre alguna plataforma o elevador. Normalmente el trabajo se realiza utilizando pértigas fabricadas con materiales aislantes (Hernández, 2020). El uso de este método se da principalmente en trabajos en media tensión (Seguridad minera, 2017), que son comunes para las empresas de distribución de energía eléctrica.

En la Figura 1.4 se visualiza el método de trabajo a distancia, en una red aérea, aunque existen otros factores de riesgo en este tipo de redes.



**Figura 1.4.** Método de trabajo a distancia  
(INSST, 2020)

### 1.15.5. MÉTODO DE TRABAJO EN CONTACTO

Este método se realiza en contacto directo con elementos energizados o en tensión, por lo que es necesario que las herramientas manuales que se ocupan sean aisladas. De igual manera es necesaria protección aislante en las manos; es decir, los equipos de protección personal juegan un papel fundamental en este método de trabajo (INSST, 2020). Normalmente este método es aplicado para niveles bajos de tensión, aunque también se emplea para niveles de media tensión.

### 1.15.6. TRABAJOS EN PROXIMIDADES

Para establecer un trabajo en proximidad, es necesario reconocer dos zonas de trabajo:

1. Zona de peligro o zona de trabajos en tensión, es la zona circundante al

elemento en tensión, en esta zona los trabajadores que vayan a intervenir deben ser debidamente cualificados con los procedimientos para “trabajo en tensión” (Hernández, 2020).

2. Zona de proximidad, es la zona siguiente a la zona de peligro, el trabajador puede realizar la tarea e invadir accidentalmente la zona de peligro (INSST, 2020)

Se considera un trabajo en proximidad cuando el trabajador entra en la zona de proximidad con su cuerpo o con equipo, materiales o herramientas que manipula (Hernández, 2020). Las distancias que delimitan las zonas de peligro y proximidad, se presentan en la Tabla 1.2. y su variación depende del nivel de voltaje de exposición, que está expresado en kilovoltios (kV). La longitud esta expresada en centímetros (cm) y se consideran los casos en que haya riesgo de sobretensiones por efectos de rayos.

**Tabla 1.2.** Distancias zona de peligro y zona de proximidad

Un (kV)	Distancias (cm)			
	DPEL1	DPEL2	DPROX1	DPROX2
<=1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	300
132	180	110	330	50
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

**Un:** tensión nominal de la instalación

**DPEL1:** distancia desde el elemento en tensión hasta el límite exterior de la zona de peligro, cuando exista riesgo de sobretensión por rayo

**DPEL2:** es similar a **DPEL1** cuando no exista riesgo de sobretensión por rayo

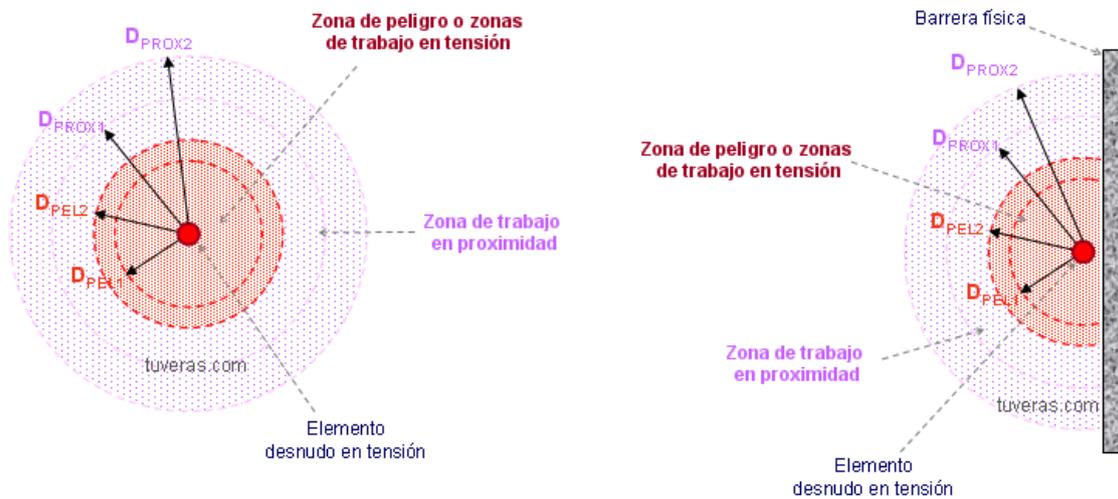
**DPROX1:** distancia desde el elemento en tensión hasta el límite exterior de la zona de proximidad

**DPROX2:** distancia desde el elemento en tensión hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión

(Hernández, 2020)

La figura 1.5 muestra las zonas de peligro y proximidad y el espacio donde se

desarrolla el trabajo. El esquema gráfico se complementa mostrando las zonas y distancias cuando existe una barrera física.



**Figura 1.5.** Delimitación Zonas de peligro y proximidad

(Hernández, 2020)

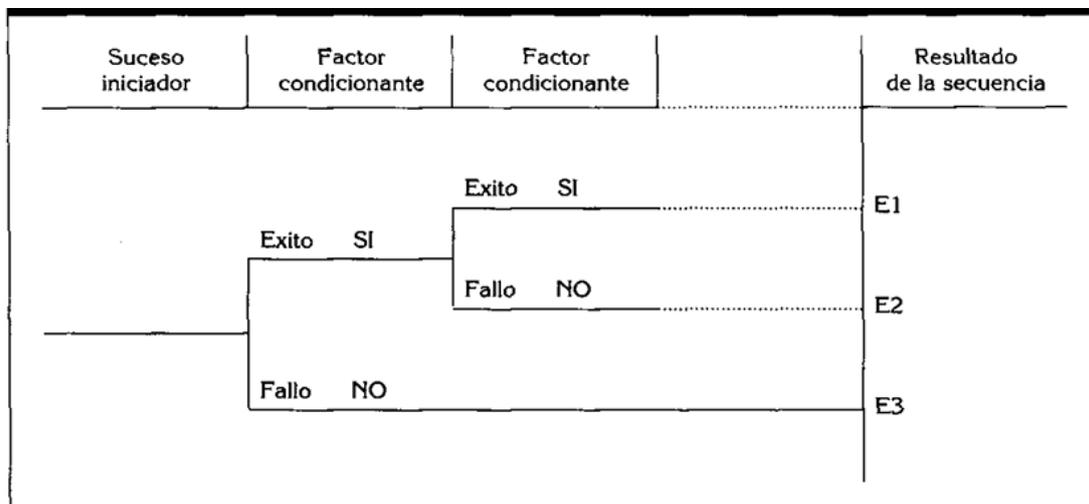
## 1.16. ÁRBOL DE SUCESOS

La metodología árbol de sucesos o eventos conocida también como ETA (Event Trees Analysis) es ampliamente usada para el análisis de la relación causa-efecto de peligros. Un ejemplo de su aplicación es la usada para identificar peligros en sistemas de gas industriales y usarlo para diseños seguros (Ignac-Nowicka, 2018).

Este método inductivo detalla la respuesta secuencial de distintos sistemas tecnológicos o condiciones externas condicionantes, partiendo de un suceso iniciador, el árbol describe las secuencias eventuales que conducen a distintos sucesos (Dirección General de Protección Civil de España, 1996).

El proceso de creación del árbol comienza identificando los factores que condicionan la evolución del suceso iniciador, los cuales se utilizan como encabezados en la estructura gráfica. A partir del suceso iniciador se plantean

dos bifurcaciones: la parte superior representa el éxito o la ocurrencia del suceso condicionante, mientras que la parte inferior representa el fallo o la no ocurrencia del mismo. Ver figura



**Figura 1.6.** Construcción del árbol de sucesos

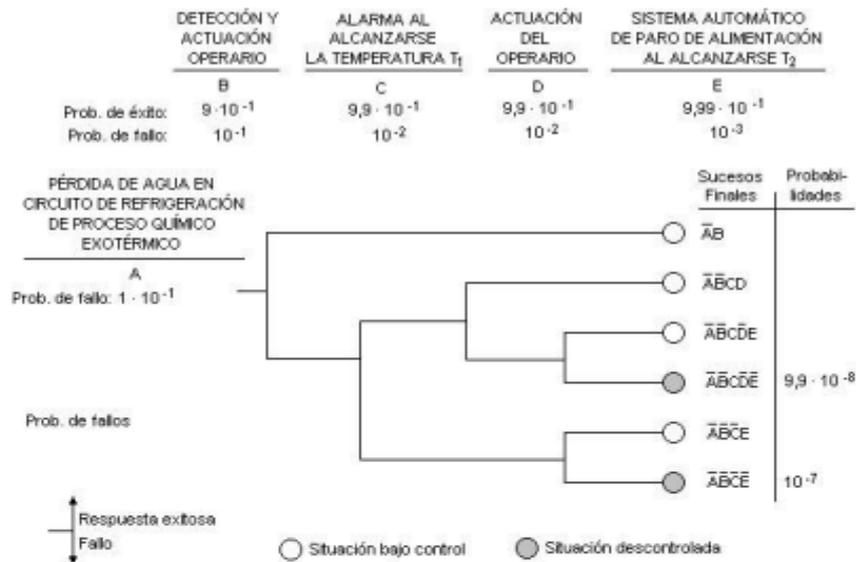
(Dirección General de Protección Civil de España, 1996)

Se generan  $2^N$  combinaciones o secuencias teóricas, pero la dependencia entre los sucesos puede eliminar la posibilidad de otros, reduciendo así el número total de secuencias. La disposición horizontal de los encabezados se realiza normalmente en orden cronológico de evolución del accidente, aunque en algunos casos este criterio puede ser difícil de aplicar (Dirección General de Protección Civil de España, 1996).

De acuerdo con esta metodología se siguen ocho etapas principales,

- ✓ Etapa previa, familiarización con el contexto
- ✓ Identificación de sucesos iniciales de interés,
- ✓ Definición de circunstancias adversas y funciones de seguridad previstas.
- ✓ Construcción de los árboles de sucesos y posibles respuestas del sistema.
- ✓ Clasificación de las respuestas en categorías similares.
- ✓ Estimación de la probabilidad de cada secuencia.
- ✓ Cuantificación de respuestas indeseadas.
- ✓ Verificación de todas las respuestas del sistema (INSST, 2020).

En la Figura 1.6. se expone un ejemplo desarrollado de un árbol de eventos para un suceso inicial de pérdida de agua de refrigeración en un proceso químico exotérmico.



Probabilidad de acontecimiento indeseado  $\bar{A}\bar{B}C\bar{D}\bar{E}$  (fallo A, fallo de B, respuesta favorable C, fallo de D y fallo de E):

$$P(\bar{A}\bar{B}C\bar{D}\bar{E}) = 1 \cdot 10^{-1} \times 10^{-1} \times 9,9 \cdot 10^{-1} \times 10^{-2} \times 10^{-3} = 9,9 \cdot 10^{-8}$$

Probabilidad del acontecimiento indeseado  $\bar{A}B\bar{C}\bar{E}$

$$P(\bar{A}B\bar{C}\bar{E}) = 1 \cdot 10^{-1} \times 10^{-1} \times 10^{-2} \times 10^{-3} = 10^{-7}$$

Probabilidad de reacción descontrolada =  $\bar{A}\bar{B}C\bar{D}\bar{E} + \bar{A}B\bar{C}\bar{E}$

$$P = 9,9 \cdot 10^{-8} + 10^{-7} = 2 \cdot 10^{-7}$$

Se trata de una posibilidad remota, por lo que los sistemas de seguridad existentes se considerarían suficientes.

**Figura 1.7.** Ejemplo de aplicación de un árbol de eventos o sucesos  
(INSST, 2008)

## 1.17. INDICADORES DE MANTENIMIENTO EN EQUIPOS O SISTEMAS

### 1.17.1. MTBF TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MEAN TIME BETWEEN FAILURE)

Este indicador mide el tiempo total de buen funcionamiento de un equipo entre una falla y otra (Suazo, 2022).

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}} \quad [1.1]$$

### 1.17.2. MTTR TIEMPO MEDIO PARA LA REPARACIÓN (MEAN TIME TO REPAIR)

El MTTR es un indicador que se relaciona con la facilidad de los equipos de mantenimiento para localizar y restaurar un equipo en condiciones de funcionamiento después de una falla. En resumen, el MTTR mide el tiempo promedio que toma reparar un equipo (Suazo, 2022).

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación}}{\text{Número de intervenciones realizadas}} \quad [1.2]$$

### 1.17.3. DISPONIBILIDAD

La capacidad de un elemento se refiere a su capacidad para realizar una función específica en un momento determinado o durante un período de tiempo específico. Los estándares de clase mundial establecen que una disponibilidad adecuada se encuentra por encima del 90% (Suazo, 2022).

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100 \quad [1.3]$$

## 1.18. NORMATIVA APLICABLE RESPECTO A LOS RIESGOS LABORABLES Y RIESGOS ELÉCTRICOS



**Figura 1.8.** Pirámide de Kelsen

(Service Quality Ecuador, 2020)

La fundamentación legal del presente trabajo se presenta a continuación en orden de jerarquía:

La Constitución de la República del Ecuador en sus artículos 33, 325, 326(5), 363(1) establece que el estado garantiza el desempeño de un trabajo saludable, con seguridad higiene y bienestar (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

La Decisión 584 en sus Artículos 11(b), 11(c) ,11 (f), 11(g) y 11(h), regula la identificación y evaluación periódica de los riesgos laborales, para establecer medidas de control, registros, capacitaciones y socialización que permitan minimizar o eliminar dichos riesgos (Consejo Andino, 2004).

El Artículo 38 del Código del Trabajo, indica la responsabilidad del empleador en cuanto a los riesgos asociados a la actividad laboral y la obligación de indemnización sobre daños al trabajador, siempre y cuando el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social no le otorgue este beneficio (Código del Trabajo, 2012).

En lo que respecta al objetivo de identificar, evaluar, controlar o eliminar los riesgos y el mejoramiento del medio ambiente de trabajo, la normativa aplicable se sustenta en documentos legales como el Decreto Ejecutivo 2393 y el Acuerdo Ministerial 174 Artículo 3 (b), (c) (d) .

Las regulaciones de los riesgos eléctricos en las instalaciones de generación, transformación, transporte, uso de energía y el trabajo en dichas instalaciones, se expresan en el Acuerdo Ministerial 13, Artículo 1, teniendo en cuenta la adecuada planificación y ejecución de trabajos de acuerdo al nivel de tensión (Acuerdo Ministerial 13, 1998).

En el Decreto Ejecutivo 2393 de 1986 se establece el Comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo (CISHT), adscrito al Ministerio del trabajo; cuya función principal es coordinar las acciones ejecutivas de los organismos del sector público en materia de prevención de riesgos del trabajo (Decreto Ejecutivo 2393, 1986).

El CISHT expidió la clasificación, categorización y niveles de riesgo laboral en materia de seguridad y prevención de riesgos laborales mediante resolución No. 2018-001, donde se indica que dicha resolución se aplica tanto a personas naturales y jurídicas, empresas públicas y privadas y definidos por la Autoridad laboral (Resolución No. 2018-001, 2018). Clasificándose a las empresas distribuidoras de energía como la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) como de riesgo laboral alto.

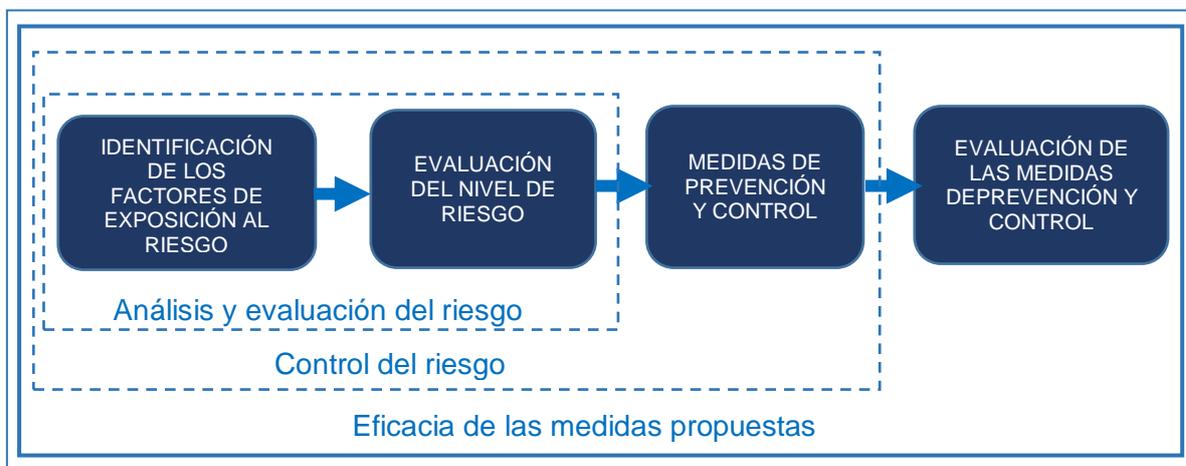
## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En la ciudad de Ambato existen zonas urbanas con redes subterráneas, cuyo diseño, construcción, operación y mantenimiento están a cargo de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. Para una evaluación inicial se realizó un reconocimiento, visitando 12 cámaras de transformación del centro de la ciudad, cámaras eléctricas, con transformadores, equipos de seccionamiento y protección.

Luego del reconocimiento, los pasos principales que se siguieron para establecer medidas de control eficaces entorno a los riesgos eléctricos del trabajo en redes soterradas y validar su eficacia, se desarrollaron como se muestra en la Figura 2.1.

- Identificación de los factores de exposición al riesgo eléctrico,
- Evaluación del nivel de riesgo,
- Medidas de prevención y control
- Evaluación de las medidas de prevención y control

La Figura 2.1 muestra, en diagrama de bloques, la secuencia de los pasos mencionados para finalmente establecer la eficacia de las medidas de control propuestas.



**Figura 2.1.** Evaluación de las medidas propuestas

## **2.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE EXPOSICIÓN A LA ELECTRICIDAD**

### **2.1.1. LISTA DE VERIFICACIÓN**

Para la identificación de los factores de riesgo eléctrico se realizó un análisis basado en las condiciones de los sitios de trabajo y la existencia y uso de equipos de protección personal y colectiva. La lista de verificación con la que se logró identificar dichos factores de riesgo eléctrico y se registraron de observaciones se expone en el ANEXO I.

### **2.1.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO**

Se visitó la Sección de Recursos Humanos, las áreas técnicas y el área de Seguridad Industrial de la EEASA, con el fin de conocer los puestos de trabajo que intervienen en la operación y mantenimiento de las redes soterradas, la cantidad de trabajadores en dichos puestos, sus funciones y el tiempo efectivo, en horas que se realiza el trabajo.

### **2.1.3. GRUPO DE SONDEO**

Se visitó el Complejo Operativo Catiglata con el objetivo de conformar un grupo de sondeo compuesto por 18 personas involucradas en trabajos en redes subterráneas. Se realizaron cuatro sesiones y se aplicó un formulario con preguntas específicas que permitió definir las actividades principales del trabajo en redes soterradas; luego, estas actividades se clasificaron en procedimientos generales. Estos procedimientos generales, fueron de gran relevancia, debido a que se constituyeron en la fuente de los factores de riesgo.

#### **2.1.4. FICHA DE OBSERVACIÓN BASADA EN EL COMPORTAMIENTO**

Mediante la ficha de observación basada en el comportamiento mostrada en el Anexo III, aplicada al personal de los grupos de trabajo durante 4 semanas, se recopiló información respecto al uso correcto de herramientas, la exposición innecesaria a zonas de peligro, violación de políticas de seguridad y uso correcto de equipos de protección personal (EPP) (Salcedo Martínez, 2019).

### **2.2. DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO**

Se determinaron los factores de riesgo eléctrico de forma cualitativa a través de la lista de verificación, el nivel y tiempo de exposición a la electricidad, registros, sistemas y documentos históricos. Los actos subestándares se obtuvieron de la ficha de observación y los datos estadísticos de accidentalidad y causas frecuentes se obtuvieron de los archivos del área de seguridad industrial y los sistemas de reportes de daños en el servicio de la empresa y los datos estadísticos del Seguro General de Riesgos del Trabajo.

#### **2.2.1. CAUSAS DE LOS FACTORES DE RIESGO**

Las causas de los factores de riesgo se determinaron en base a la experiencia del personal (grupo de sondeo), información proporcionada por la empresa sobre accidentes suscitados y la información bibliográfica que detalla las causas más comunes (Retie, 2013).

Las acciones que se tomaron sobre estas causas, correspondieron a las medidas de control propuestas. La información obtenida sobre las causas de los factores de riesgo, se usó para establecer eventos iniciadores, para el análisis bajo los árboles de eventos y para el desarrollo de las medidas de control.

### **2.2.2. EFECTOS O EVENTOS DE LOS FACTORES DE RIESGO**

Para determinar los eventos o efectos causados por los factores de riesgo eléctrico, se utilizó; por un lado, la información bibliográfica conocida sobre los efectos de la corriente cuando atraviesa el cuerpo humano y por otro lado, el criterio del personal del grupo de sondeo, del técnico de seguridad industrial y el médico ocupacional de la institución. Con esta información, se realizó una clasificación que incluye los posibles efectos.

### **2.2.3. FRECUENCIA**

Las categorías de frecuencia que presenta el método implicaron recurrir a registros históricos de accidentes suscitados en la empresa y en el contexto local, por lo que se recurrió a las estadísticas en cuanto a accidentes eléctricos de la empresa, de la provincia y del país.

## **2.3. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO**

Para determinar el nivel del riesgo eléctrico en las redes soterradas de la ciudad de Ambato, se utilizó como base la metodología contenida en el Anexo General del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, por sus siglas (RETIE) (Retie, 2013), emitido por el Ministerio de Energía y Minas de Colombia.

Bajo el principio de que esta metodología está orientada al análisis de los riesgos eléctricos exclusivamente, la matriz que esta metodología propone se expone en el Anexo III. Gracias a la utilización de esta metodología, se logró obtener una evaluación precisa y detallada del nivel de riesgo eléctrico presente en las redes soterradas de la ciudad de Ambato.

### 2.3.1. CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Se consideraron únicamente las consecuencias para las personas en la aplicación práctica de la metodología (RETIE). Las consecuencias económicas, ambientales o de imagen de la empresa no se evaluaron, debido a que no están directamente relacionadas con el objeto de estudio; es decir, no pertenecen al ámbito de la seguridad industrial.

En la Tabla 2.1. se representa la matriz RETIE modificada, bajo este análisis, no se alteró la metodología; sino que los resultados, económicos, ambientales y de imagen de la empresa no fueron relevantes en este contexto.

**Tabla 2.1.** Matriz para análisis de riesgos RETIE, modificada

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE			
	Potencial <input type="checkbox"/>	Real <input type="checkbox"/>	FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas		E	D	C	B	A	
			No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
		Una o más muertes	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
		Incapacidad parcial permanente	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
		Incapacidad temporal (>1 día)	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		Lesión menor (sin incapacidad)	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	
Evaluador: _____		MP: _____						
Fecha: _____								

Con las consideraciones indicadas para la aplicación de este método, la evaluación del riesgo se realizó siguiendo los siguientes pasos:

- Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
- Definir si el riesgo es potencial o real.



## **2.4. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL SOBRE EL RIESGO ELÉCTRICO**

La norma ISO 45001 establece un orden jerárquico para el control de riesgos que toma en cuenta la fuente, el medio y el receptor. La norma propone eliminar el peligro, sustituir el riesgo, controles de ingeniería, controles administrativos y equipos de protección personal para identificar y reducir los riesgos.

La metodología RETIE propone una tabla de decisiones y acciones a tomar según el nivel de riesgo obtenido. En el Anexo IV se muestra las acciones y decisiones a tomar para establecer los controles de los riesgos encontrados según la categoría calificada en la matriz precedente.

## **2.5. VALIDACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS MEJORAS PROPUESTAS**

Para apreciar si las medidas de control planteadas han sido eficaces se evaluó nuevamente el riesgo bajo la metodología Árbol de Sucesos. De acuerdo con esta metodología se siguen ocho etapas principales.

### **2.5.1. ETAPAS PARA REALIZAR UN ÁRBOL DE EVENTOS**

#### **1. Etapa previa, familiarización con el contexto (ubicación y disposición de las redes y circuitos soterrados).**

El análisis de riesgos realizado permitió conocer la disposición de los circuitos, la ubicación de las redes, dentro del área urbana donde se realiza el estudio. Igualmente, por el análisis mencionado pudo conocerse los niveles de riesgos sus causas y potenciales consecuencias.

## **2. Identificación de sucesos iniciales de interés,**

Para la identificación de los sucesos iniciadores se tomó en cuenta, aquellos que directamente causan los factores de riesgo, estos fueron identificados para la evaluación del nivel de riesgo con la metodología RETIE. Dentro de los procesos generales, se establecieron los sucesos iniciadores.

## **3. Definición de circunstancias adversas y funciones de seguridad previstas**

Circunstancias adversas se presentaron el desarrollo de los sucesos, las mismas que se consideraron para evaluar los distintos escenarios. Por su parte, una función de seguridad es una barrera capaz de interrumpir un suceso inicial a una circunstancia peligrosa (INSST, 2008). Para este caso, las funciones de seguridad representaron las medidas de control tomadas para reducir el riesgo.

## **4. Construcción de los árboles de sucesos y posibles respuestas del sistema.**

Para la representación gráfica de los árboles se ubicó cronológicamente los sucesos, funciones de seguridad y circunstancias adversas para interpretar los resultados de cada evento y alcanzar los sucesos finales. Se asignó letras correlativas del abecedario a cada función de seguridad en el orden esperado de actuación para facilitar la interpretación de las diferentes secuencias de éxito y fallo de las funciones de seguridad.

Cuando una función de seguridad actúa correctamente, se representa con su letra correspondiente  $C$ , y cuando falla, se representa con la misma letra con una barra horizontal sobre la misma  $\bar{C}$  (INSST, 2008). Esta convención permitió identificar fácilmente las diferentes combinaciones de fallos y éxitos de las funciones de seguridad en el sistema.

## 5. Clasificación de las respuestas indeseadas en categorías de similares consecuencias.

El objetivo del árbol de sucesos fue identificar las consecuencias negativas importantes. Ante las consecuencias negativas, se consideró la posible incidencia de factores ambientales o meteorológicos que no quedaron reflejados en el análisis inicial. (INSST, 2008).

## 6. Estimación de la probabilidad de cada secuencia del árbol de sucesos

Las fuentes de datos para el caso de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador se establecieron utilizando, varios recursos, la experiencia del personal involucrado directamente en la operación y mantenimiento de las redes subterráneas (grupo de sondeo), los registros históricos de accidentes y el número de operaciones que se realizan, etc.

Las probabilidades que se presentan posteriormente se estiman utilizando referencias de registros históricos, datos de fiabilidad de componentes y el criterio del personal de Seguridad Industrial de la empresa. Las dos respuestas posibles de probabilidad de éxito o fracaso de los eventos, se complementan conociendo que la suma de estas en cada sucesión valdrá uno.

En la Tabla 2.3. se muestra la forma de cálculo de la estimación de la probabilidad de ocurrencia de un evento iniciador. Se determinó el número de eventos presentados en un número de operaciones general en un periodo de tiempo, obtenido de los sistemas de reportes y ordenes de trabajo o requerimientos de la empresa. Mediante la relación:

$$\text{Probabilidad de un evento iniciador} = \frac{\text{Número de eventos presentados (fallas)}}{\text{Número de operaciones}} \quad [2.1.]$$

**Tabla 2.3.** Estimación de la probabilidad de un evento iniciador

Evento iniciador	Factor de riesgo	Operaciones donde se pueden presentar estos factores	No de eventos presentados	No. De operaciones	Probabilidad estimada	Porcentaje

Se definieron tablas de probabilidad, teniendo en cuenta las operaciones de la entidad y los datos recopilados. No fue conveniente establecer las tablas definidas en periodos de tiempo debido a la aleatoriedad y no periodicidad de las ocurrencias. En su lugar, se acudió a la ocurrencia de un evento particular que se presenta cada cierto número de operaciones (Martinez Mariño, 2011).

La Tabla 2.4. Define cualitativa y cuantitativamente las probabilidades, de acuerdo a la ocurrencia de un evento en cada cierto número de operaciones, además de asignar un número o valor identificador para la probabilidad.

**Tabla 2.4.** Definición de tablas de probabilidad

Definición cualitativa	Significado	Valor asignado	Id-Pb
Frecuente	Ocurre cien veces cada 1.000 operaciones (100/1.000)	0,10%	1
Probable	Ocurre cincuenta veces cada 1.000 operaciones (50/1.000)	0,05%	2
Eventual	Ocurre veinte veces cada 1.000 operaciones (20/1.000)	0,02%	3
Poco probable	Ocurre cinco veces cada 1.000 operaciones (5/1.000)	0,005%	4
Muy improbable	Ocurre una vez cada 1.000 operaciones (1/1.000)	0,001%	5

(Martinez Mariño, 2011)

Una vez definidas las probabilidades, se definieron tablas de severidad de eventos, referenciando al peor escenario, una definición cualitativa clara de los potenciales daños previsibles en las operaciones particulares que se realizan en la entidad (Martinez Mariño, 2011).

La Tabla 2.5. establece la definición cualitativa clara de la severidad del evento, indicando cuando se considera la severidad catastrófica, severa, moderada, menor e insignificante y asignando valores con las primeras letras del abecedario en orden descendente.

**Tabla 2.5.** Definición de tablas de severidad

Severidad		
Definición cualitativa	Significado	Valor
Catastrófica	Cualquier persona sufre lesiones mortales o graves, o la instalación sufre daños o roturas estructurales serias. Accidente.	A
Severa	Lesiones considerables en personas, daños en equipos y estructuras. Incidente en el que intervienen circunstancias que indican que casi ocurrió un accidente.	B
Moderada	Lesiones leves en personas (personal interno o externo fuera de servicio) y/o daños reparables en equipos mayores, incidente no catalogado como incidente serio/grave.	C
Menor	Evento sin lesión a personas y daños reparables en componentes de equipos, catalogado como incidente no grave o menor, pero que puede limitar la operación.	D
Insignificante	Susto del personal involucrado, daños de mínimas consecuencias en equipos, no se interrumpe la operación.	E

(Martínez Mariño, 2011)

Complementariamente a las tablas de probabilidad y severidad, mediante el cruce de los dos parámetros citados se obtienen las tablas de tolerabilidad del riesgo, en donde se define, para el caso particular los niveles: no tolerable (rojo), tolerable bajo observación (naranja) y aceptable (verde) para la operación (Martínez Mariño, 2011).

En la Tabla 2.6. se combina las dos tablas anteriores para establecer un nivel de tolerabilidad con un código alfanumérico con los números de la Tabla 2.4. y las letras de la Tabla 2.5. y un color representativo de las categorías evaluadas.

**Tabla 2.6.** Definición de tablas de tolerabilidad

TOLERABILIDAD		Severidad				
		Catastrófica	Severa	Moderada	Menor	Insignificante
Probabilidad		A	B	C	D	E
Frecuente	1	1A	1B	1C	1D	1E
Probable	2	2A	2B	2C	2D	2E
Eventual	3	3A	3B	3C	3D	3E
Poco probable	4	4A	4B	4C	4D	4E
Muy improbable	5	5A	5B	5C	5D	5E

(Martínez Mariño, 2011)

Para calcular las probabilidades intermedias se realizó un análisis de los sistemas de protección, medición supervisión y control, existentes en las redes aéreas determinando su nivel de disponibilidad con datos obtenidos del Sistema de atención de reclamos y daños de la entidad. La disponibilidad de estos

sistemas, en periodos anteriores, permitió estimar la probabilidad de falla que estos pueden presentar.

Se estimaron las probabilidades de falla de los sistemas de control, incluyendo sistemas de protección, medición, supervisión y control, a través de valores calculados de la disponibilidad y la valoración de expertos en el área. Se consideraron factores ambientales, mantenimiento y frecuencia de uso para aproximarse al peor escenario.

## **7. Cuantificación de las respuestas indeseadas**

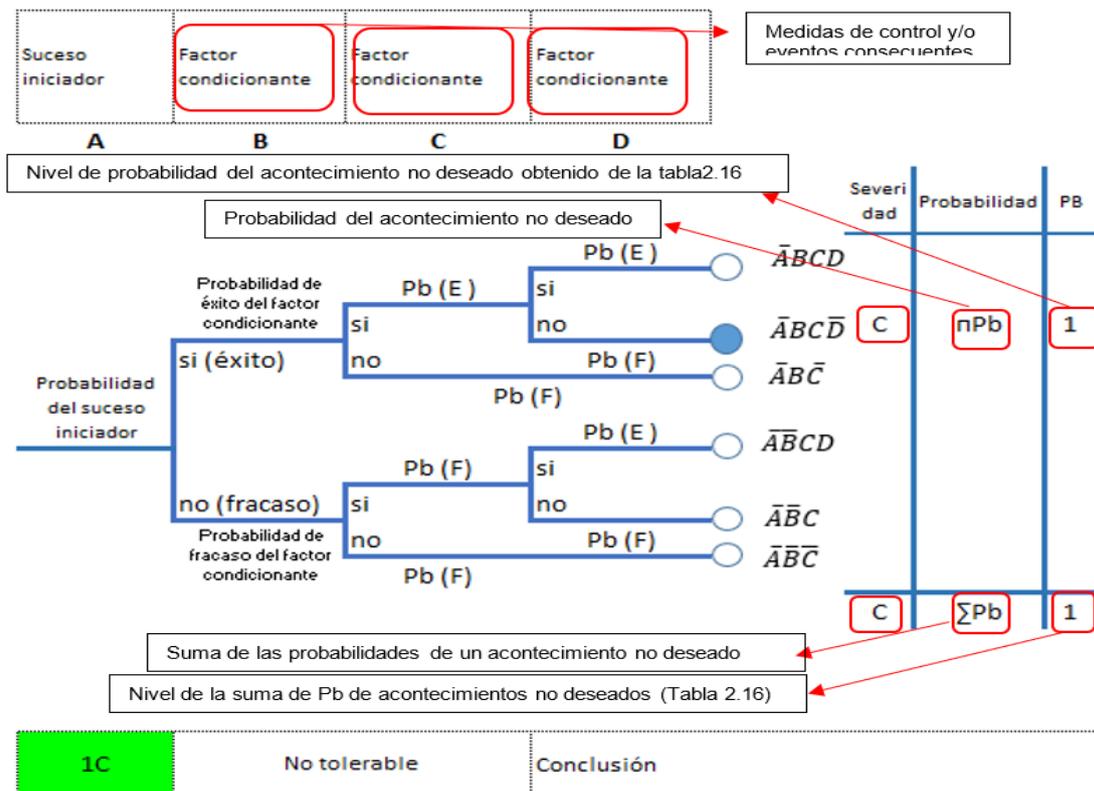
La probabilidad de las respuestas indeseadas, se determinó mediante el producto de cada una de las probabilidades del suceso inicial y los sucesos intermedios. Para todos los casos únicamente se cuantifican las probabilidades de fallo (INSST, 2008).

## **8. Verificación de todas las respuestas del sistema**

Se contrastó los resultados obtenidos con los datos históricos, la participación del personal involucrado en el proceso; pero, independiente del grupo de trabajo (INSST, 2008). Es el caso del personal que coordina las actividades diarias de este grupo de trabajadores.

## **2.6. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA GRAFICAR EL ÁRBOL DE SUCESOS**

Una vez que se identificaron los eventos iniciadores y subsiguientes, se procedió a ubicar las probabilidades de cada uno de ellos en el árbol de sucesos. Esta información se representa gráficamente, tal como se ilustra en la Figura 2.2. La ubicación de las probabilidades en el árbol de suceso permite establecer la probabilidad global de que ocurran diferentes combinaciones de eventos.



**Figura 2.2.** Construcción del Árbol de sucesos

En donde:

*Probabilidad de éxito*  $Pb(E)$  + *Probabilidad de fracaso*  $Pb(F) = 1$

- Situación bajo control
- Situación descontrolada

$\bar{A}BCD$  Función de seguridad que representa una situación bajo control.

$\bar{A}BC\bar{D}$  Función que representa la probabilidad de acontecimiento indeseado (fallo de A, respuesta favorable de B, respuesta favorable de C, fallo de D)

**C** Nivel de severidad obtenida de la tabla 2.17, estimando las consecuencias del acontecimiento no deseado o la suma de estos.

**1C**

Nivel de tolerabilidad obtenido de la Tabla 2.18

Una vez calculada la probabilidad sumando las funciones con probabilidades de fallo se establece la probabilidad del peor escenario. La Tabla 2.20. contrasta la probabilidad calculada con y sin medidas de control.

**Tabla 2.7.** Estimación de la probabilidad de un evento iniciador

Evento iniciador	Factor de riesgo	Operaciones donde se pueden presentar estos factores	No de eventos presentados	No. De operaciones	Probabilidad estimada sin medidas de control	Probabilidad estimada con medidas de control	Pb	Nivel de Probabilidad sin medidas de control	Pb	Nivel de Probabilidad con medidas de control

Con esta información se determinó si las medidas de control fueron adecuadas para eliminar o minimizar los riesgos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. RESULTADOS DE LA LISTA DE VERIFICACIÓN

De la lista de verificación aplicada a los lugares de trabajo, principalmente cámaras de transformación y a los cuartos de controles eléctricos, se obtuvieron situaciones a observar que se presentan en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1.** Lista de verificación para identificar factores de riesgo eléctrico

SITUACIÓN A OBSERVAR	Sí	No	NA	OBSERVACIONES
¿Las cámaras de transformación y cuartos de controles eléctricos permanecen cerrados y a ellos sólo ingresa personal autorizado, generalmente electricistas?	X			
¿Las cámaras de transformación y cuartos de controles eléctricos permanecen en perfectas condiciones de orden y aseo y libres de materiales u otros objetos almacenados en ellas?		X		Aunque estas instalaciones permanecen cerradas, no se pueden controlar totalmente el ingreso de roedores u otros animales que pueden causar incidentes.
¿Todos los factores de riesgo eléctrico están claramente señalizados?		X		En algunas cámaras de transformación no se dispone señalización de advertencia.
¿La disposición del cableado en cámaras de transformación, cuartos de controles o cámaras de revisión se encuentra ordenada?	X			
¿Existen elementos, cables o partes de la red en cualquiera de sus estructuras sin aislamiento?		X		En algunas cámaras de transformación, existen tramos de conductores, sin aislamiento.
¿Todas las cámaras de transformación, cuartos de controles, transformadores y equipos incluyendo la cubierta de los motores (si aplica) tienen circuitos de puesta a tierra?	X			
¿Se dispone de sistemas de protección contra sobre intensidades o cortocircuitos?	X			Se dispone de estos sistemas; sin embargo, estos están enfocados a eliminar las consecuencias de un cortocircuito o sobre intensidades cuando no está interviniendo personal.
¿Se dispone de protección diferencial?			X	Debido a la naturaleza del sistema eléctrico, no se dispone protección diferencial.
¿Se evita al máximo el empleo de extensiones e instalaciones provisionales y cuando se presentan están debidamente señalizadas?	X			
¿Existe un programa de mantenimiento periódico de todos los equipos, componentes e instalaciones del sistema eléctrico?	X			Las redes subterráneas, de construcción relativamente reciente, están diseñadas para al menos 15 años de acuerdo a la información nominal de la fabricación de los conductores y se realizan mantenimientos periódicos; sin embargo, el sistema eléctrico es relativamente nuevo y está expuesto a factores ambientales y particulares que hacen necesario tener planes de contingencia y metodologías para resolver incidentes.
¿Existen estándares de seguridad y procedimientos específicos para trabajos con baja, media y alta tensión?	X			En general existen estándares aplicados a todo tipo de redes; sin embargo, no existen procedimientos específicos aplicados a la red subterránea.
¿Los trabajadores reciben entrenamiento sobre qué hacer en caso de accidentes con electricidad y cómo prestar los primeros auxilios?	X			Los trabajadores poseen la certificación en riesgos eléctricos; y están capacitados en primeros auxilios; sin embargo, no existe un procedimiento que indique la forma de actuar en caso de accidente
¿Los trabajadores que realizan trabajos en circuitos abiertos (des energizados) usan los equipos de protección personal (guantes, herramientas aisladas o plataformas aislantes)?	X			
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	

(Sistema mid, 2019)

Se evidencia que en algunas cámaras de transformación no existe señalización de advertencia o prohibición, complementaria a la prevención de accidentes laborales. En la red subterránea más antigua se evidencia transformadores con partes sin aislamiento en las borneras de los mismos, lo que se considera un riesgo. Se llevan a cabo mantenimientos periódicos y procedimientos en seguridad industrial generales; pero no existen procedimientos específicos documentados de trabajo en redes subterráneas.

### **3.2. RESULTADOS DE LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO**

De la información recogida sobre los puestos de trabajo se determinó que existen 18 trabajadores expuestos a los riesgos eléctricos en redes de distribución subterráneas, 12 de ellos, tienen un tiempo de exposición de hasta 8 horas. Los trabajadores que mantienen esta exposición constante son electricistas de líneas energizadas, los electricistas de redes subterráneas y jefes de grupo de estas dos unidades.

**Tabla 3.2.** Denominación del puesto de trabajo

<b>PUESTO DE TRABAJO</b>	<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	<b>HORAS DE EXPOSICIÓN/DÍA</b>
JEFE DE GRUPO TRANSFORMADORES DISTRIBUCIÓN	1	3
ELECTRICISTA 3 TRANSFORMADORES DISTRIBUCIÓN	2	3
ELECTRICISTA 3 TRANSFORMADORES DISTRIBUCIÓN	1	3
JEFE DE GRUPO LÍNEAS ENERGIZADAS DISTRIBUCIÓN	2	3
ELECTRICISTA LÍNEAS ENERGIZADAS DISTRIBUCIÓN	8	8
JEFE DE GRUPO REDES SUBTERRÁNEAS	1	8
ELECTRICISTA 3 REDES SUBTERRÁNEAS	3	8
CONTRATISTAS	De acuerdo a proyecto	8

Las funciones que representan mayor riesgo en trabajos en redes soterradas son la desconexión y conexión de circuitos, el mantenimiento y operación de los circuitos, los trabajos en líneas energizadas.

### 3.3. RESULTADOS DEL GRUPO DE SONDEO

Por medio del formato guía (AnexoI) para el grupo de sondeo, se obtuvieron las principales actividades que realizan los grupos de trabajo en redes subterráneas, estas actividades sirvieron como plataforma principal para definir los procedimientos generales, que posteriormente se usaron para estimar el nivel de riesgo con el método adaptado RETIE, dichas actividades obtenidas se presentan en la Tabla 3.3

**Tabla 3.3.** Actividades definidas obtenidas del grupo de sondeo

<b>GRUPO DE TRABAJO</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
Grupo de redes subterráneas	Tendido de cables aislados para redes subterráneas de medio y bajo voltaje
Grupo de redes subterráneas	Montaje de accesorios aislados de medio y bajo voltaje
Redes subterráneas y transformadores	Montaje de transformadores sumergibles y pad mounted
Transformadores y líneas energizadas	Instalación de reconectores
Grupo de transformadores	Instalación de capacitores
Grupo de redes subterráneas	Montaje de equipos de maniobra y protección subterráneos
Grupo de redes subterráneas	Mantenimiento de cables aislados de redes subterráneas de medio y bajo voltaje
Grupo de redes subterráneas	Mantenimiento de accesorios aislados de medio y bajo voltaje
Redes subterráneas y transformadores	Mantenimiento de cámaras de transformación
Grupo de redes subterráneas	Mantenimiento de equipos de maniobra y protección subterráneos
Grupo de transformadores	Reemplazo de transformadores averiados
Transformadores y redes subterráneas	Reemplazo de seccionadores averiados
Energizados y subterránea	Corrección de puntos calientes
Grupo de líneas energizadas	Operación y maniobras en redes subterráneas
Grupo de líneas energizadas	Corte o apertura de línea
Grupo de líneas energizadas	Medición de correspondencia
Energizados, transformadores y subterránea	Energización de nuevos proyectos
Área de obras civiles	Excavaciones y obras civiles

El resultado principal del grupo de sondeo, fue la definición de los procedimientos generales de los grupos de trabajo a partir de las actividades como se muestra en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4.** Actividades definidas obtenidas del grupo de sondeo

<b>GRUPO DE TRABAJO</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>PROCEDIMIENTOS GENERALES</b>
Grupo de redes subterráneas	Tendido de cables aislados para redes subterráneas de medio y bajo voltaje	Tendido de cables aislados para redes subterráneas de medio y bajo voltaje
Grupo de redes subterráneas	Montaje de accesorios aislados de medio y bajo voltaje	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas
Redes subterráneas y transformadores	Montaje de transformadores sumergibles y pad mounted	
Transformadores y líneas energizadas	Instalación de reconectores	
Grupo de transformadores	Instalación de capacitores	
Grupo de redes subterráneas	Montaje de equipos de maniobra y protección subterráneos	
Grupo de redes subterráneas	Mantenimiento de cables aislados de redes subterráneas de medio y bajo voltaje	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas
Grupo de redes subterráneas	Mantenimiento de accesorios aislados de medio y bajo voltaje	
Redes subterráneas y transformadores	Mantenimiento de cámaras de transformación	
Grupo de redes subterráneas	Mantenimiento de equipos de maniobra y protección subterráneos	
Grupo de transformadores	Reemplazo de transformadores averiados	
Transformadores y redes subterráneas	Reemplazo de seccionadores averiados	
Energizados y subterránea	Corrección de puntos calientes	
Grupo de líneas energizadas	Operación y maniobras en redes subterráneas	
Grupo de líneas energizadas	Corte o apertura de línea	
Grupo de líneas energizadas	Medición de correspondencia	
Energizados, transformadores y subterránea	Energización de nuevos proyectos	
Área de obras civiles	Excavaciones y obras civiles	Excavaciones y obras civiles

La definición de estos procedimientos fue fundamental para simplificar el registro y determinación del nivel de riesgo en la matriz adaptada del método RETIE, estos procedimientos constituyen la Fuente de los riesgos calificados.

### 3.4. RESULTADOS DE LA FICHA DE OBSERVACIÓN BASADA EN EL COMPORTAMIENTO

De la ficha de observación basada en el comportamiento se evidenció existe un alto nivel de cumplimiento de normas y medidas de seguridad.

En la Tabla 3.5. se presentan los datos de la ficha de observación y el porcentaje de cumplimiento en cuanto a las preguntas planteadas.

**Tabla 3.5.** Resultados de la ficha de observación

PREGUNTAS		No aplica	Nunca	Casi nunca	Casi siempre	Siempre
<b>I. operación o uso de equipos y herramientas a la hora de realizar sus labores</b>	Usa las manos en lugar de las herramientas para limpiar, ajustar, agarrar o golpear.	0,00%	38,89%	55,56%	5,56%	0,00%
	Utiliza equipos y herramientas solo para los fines que fueron diseñados.	0,00%	0,00%	0,00%	33,33%	66,67%
	Inspecciona y verifica que los equipos y herramientas con los que se va a trabajar estén en buen estado (realiza inspección pre-operacional.)	0,00%	0,00%	44,44%	44,44%	11,11%
	Opera maquinaria o herramientas mecánicas sin haber sido capacitado para esto.	0,00%	83,33%	11,11%	0,00%	5,56%
	Realiza algún arreglo provisional a una herramienta para poderla usar	0,00%	88,89%	11,11%	0,00%	0,00%
	Retira guardas o barreras de seguridad de los equipos.	0,00%	83,33%	16,67%	0,00%	0,00%
<b>II. Exposición innecesaria a zonas de peligro (inseguras) a la hora de realizar sus labores.</b>	Retira cualquier parte de su cuerpo de la línea de peligro (puntos posibles de contacto con electricidad)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	Retira a otras personas de la línea de peligro (puntos posibles de contacto con electricidad que puedan afectar a su compañero.)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	Se expone de manera innecesaria a situaciones que puedan afectar su integridad	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%
<b>III. Violación de políticas de seguridad, normas, estándares de seguridad a la hora de realizar sus labores.</b>	Accede a áreas peligrosas sin permiso.	0,00%	83,33%	16,67%	0,00%	0,00%
	Aplica las 5 reglas de oro para trabajos sin tensión	44,44%	0,00%	55,56%	0,00%	0,00%
	Omite procedimientos o excluyen dispositivos de seguridad	0,00%	22,22%	11,11%	66,67%	0,00%
	Usa joyas (anillos, relojes, collares, etc.) durante la manipulación de herramientas	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>IV. Uso de elementos de protección personal a la hora de realizar sus labores.</b>	Usa gafas o caretas cuando hay situaciones que puedan afectar sus ojos o rostros (por ejemplo, peligro de arcos eléctricos).	0,00%	0,00%	0,00%	55,56%	44,44%
	Usa protección para los pies con características dieléctricas.	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	Usa guantes para actividades que requieren protección para las manos (por ejemplo, trabajo a contacto o en la manipulación de herramientas manuales).	0,00%	0,00%	0,00%	55,56%	44,44%
	Reporta a su jefe inmediato cuando sus elementos de protección personal están defectuosos, desgastados o dañados.	0,00%	0,00%	0,00%	55,56%	44,44%
	Usa los elementos de protección solamente cuando está presente el supervisor de área.	0,00%	44,44%	55,56%	0,00%	0,00%

### 3.5. DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO

En base a los resultados de la lista de verificación, las visitas a los lugares de trabajo, los datos estadísticos respecto a la accidentalidad y las causas más frecuentes, las respuestas obtenidas del grupo de sondeo, en cuanto a los accidentes y los actos subestándar obtenidos de la ficha de observación, se determinaron los factores de riesgo que se muestran en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6.** Factores de riesgo eléctrico

<b>Factores de riesgo eléctrico</b>
Arcos eléctricos
Contacto directo
Contacto indirecto
Cortocircuito
Electricidad estática
Equipo defectuoso
Rayos
Sobrecarga
Tensión de contacto
Tensión de paso

Los factores de riesgo eléctrico determinados, están dentro de una categoría de riesgos laborales ampliamente estudiados y reconocidos por expertos en seguridad y salud ocupacional. Estos factores de riesgo son asociados a sistemas eléctricos domésticos e industriales, esto es favorable al momento de tomar medidas de seguridad (Organización Internacional del Trabajo, 2010).

#### 3.5.1. CAUSAS DE LOS FACTORES DE RIESGO

La experiencia del personal (grupo de sondeo), la información de la empresa y bibliografía, se utilizaron para determinar las causas de los riesgos eléctricos. Se tomaron medidas de control para abordar estas causas y se utilizaron para evaluar y minimizar los riesgos y medir la eficacia de las medidas de control.

La Tabla 3.7. "Causas más comunes de los factores de riesgo eléctrico" presenta información sobre los principales motivos que pueden generar situaciones de peligro en relación al uso de la electricidad. Esta información resulta muy útil para identificar posibles riesgos y tomar medidas preventivas que permitan evitar accidentes eléctricos.

**Tabla 3.7.** Causas más comunes de los factores de riesgo eléctrico

Factores de riesgo eléctrico	Causas más comunes
Arcos eléctricos	Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.
Contacto directo	Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.
Contacto indirecto	Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.
Cortocircuito	Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.
Electricidad estática	Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.
Equipo defectuoso	Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.
Rayos	Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.
Sobrecarga	Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.
Tensión de contacto	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.
Tensión de paso	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla

(Retie, 2013)

La determinación de las causas de los factores de riesgo, fue de vital importancia para el desarrollo de los métodos de evaluación. Al conocer las causas, que constituyen eventos iniciadores, se pueden tomar medidas y correcciones para mejorar la seguridad de las instalaciones eléctricas.

### 3.5.2. EFECTOS O EVENTOS DE LOS FACTORES DE RIESGO

Se utilizó información bibliográfica médica (Villarrubia, 2022) y el criterio del personal especializado, para determinar los posibles efectos causados por los factores de riesgo eléctrico y se realizó una clasificación que incluye estos posibles efectos.

Varios eventos o efectos pueden ser provocados por un mismo factor de riesgo. Por esta razón, con el fin de simplificar la cantidad de información que implicó el registro de los eventos o efectos con los mismos factores de riesgo, se realizó una clasificación y codificación de los efectos, que fueron agrupados como muestra la Tabla 3.8.

**Tabla 3.8.** Codificación de efectos o eventos

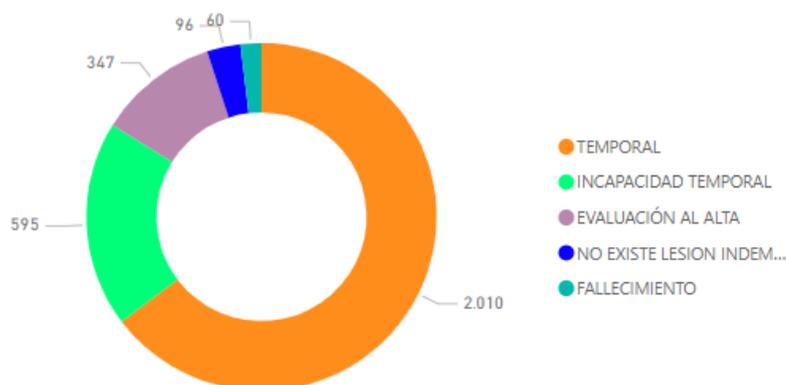
No.	Evento efecto		CÓDIGO
1	Muerte	Efectos Térmicos	ET
2	Quemaduras por arco		
3	Quemaduras por contacto		
4	Muerte	Efectos musculares y nerviosos	EMN
5	Contracciones musculares		
6	Tetanicación de músculos respiratorios		
7	Fibrilación Ventricular		
8	Inhibición de centros nerviosos		
9	Pérdida momentánea de la visión/audición	Efectos indirectos	EI
10	Golpes		
11	Caídas		
12	Cerebral	Efectos secundarios	ES
13	Motor		
14	Circulatorio (gangrenas)		
15	Problemas renales		

La codificación propuesta, basada en los efectos del paso de la corriente por el cuerpo humano, simplificó el registro de datos en la matriz RETIE. Esto ayudó a la eficiencia de la aplicación del método haciéndolo más accesible.

### 3.5.3. FRECUENCIA

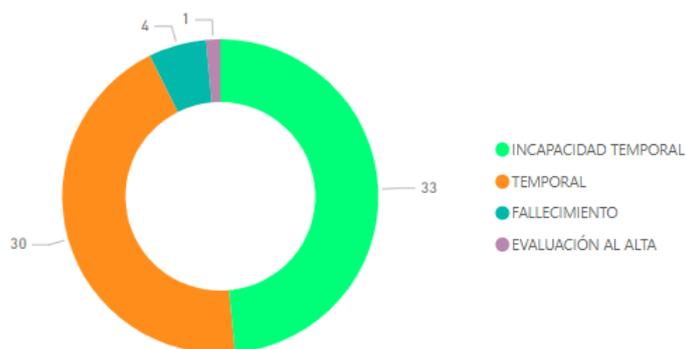
La frecuencia de ocurrencia de los diversos eventos implicó utilizar registros históricos de accidentes que han ocurrido en la empresa y en el entorno local. Para ello, se consultaron las estadísticas de accidentes eléctricos de la empresa, la provincia y el país.

Del Sistema de avisos de Registro del Seguro de Riesgos del Trabajo (SRSRT), se obtuvieron las estadísticas de los accidentes eléctricos, a nivel nacional, según la actividad económica principal que desarrolle, (E-Suministros de Electricidad, Gas y Agua conforme a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU), en el periodo 2013-2023.



**Figura 3.1.** Accidentes de trabajo por tipo de incapacidad  
(SRSRT, 2023)

Bajo el mismo criterio del anterior la Figura 3.2. muestra los datos de accidentes de trabajo eléctricos por tipo de incapacidad de la provincia de Tungurahua.



**Figura 3.2.** Accidentes de trabajo por tipo de incapacidad  
(SRSRT, 2023)

A nivel organizacional en la Empresa se han registrado 3 accidentes eléctricos en el periodo 2017-2023, estos datos se evidencian en la Tabla 3.9.

**Tabla 3.9.** Accidentes eléctricos en la EEASA en el periodo 2017-2023

Actividad al momento del accidente	Formas de accidente	Lugar específico del Accidente	Agente del accidente	Parte del cuerpo afectada	Lesión o daño aparente
Mantenimiento de red de MV	Electrocución en MV	Parte superior del poste	Energía eléctrica	Cuerpo	Muerte
Reinstalación de medidor	Quemadura por arco eléctrico	Tablero de medidores	Contacto de cable sin aislamiento a partes metálicas del tablero	dedos índice, medio y anular de la mano derecha	quemaduras de 2do grado en dedo índice y medio de la mano derecha
Reubicación de transformador y retiro de tramo de red de MV monofásica	Descarga eléctrica (electrización)	Parte alta de poste de medio voltaje	Puesta a tierra de distribución temporal (Instalación)	Mano derecha y pie izquierdo	Quemadura de segundo grado en mano derecha a nivel de quinto dedo de 3 cm de diámetro (Punto de entrada) Quemadura de tercer grado en pie izquierdo a nivel del arco plantar de 3 cm de diámetro (Punto de salida)

(Archivos SST Eeasa, 2023)

### 3.6. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO

Los parámetros que la metodología requirió para la evaluación del riesgo son los siguientes:

- a. Factores de riesgo
  - Evento o efecto
  - Fuente

- b. Tipo de riesgo (potencial o real)

Todos los riesgos fueron reales, puesto que se obtuvieron mediante la observación directa sobre algún aspecto de la realidad, se evaluaron en tiempo presente y su presencia es verificable. Debido a que un análisis de riesgos que podrían existir en el futuro conlleva un conocimiento detallado de proyectos, condiciones y situaciones que requerirían otra investigación y otro tipo de recursos, no se consideró a los riesgos potenciales.

- c. Consecuencias para las personas

El método presenta 5 categorías en cuanto a las consecuencias sobre las personas. Para cada efecto puede relacionarse más de una consecuencia, es por eso que se señalaron varias consecuencias, de dónde la clase con mayor valor (el peor escenario) es la muestra representativa de esa clase.

- d. Frecuencia

Mediante la matriz adaptada de la metodología RETIE se obtuvieron los resultados de la evaluación del nivel de riesgo, cuya matriz completa se detalla en el Anexo III, de dónde se detectaron 16 riesgos calificados con nivel alto, 43 riesgos calificados con un nivel medio y 6 riesgos calificados con nivel bajo.

La Tabla 3.10 muestra la información de la forma como se evaluaron los riesgos con la matriz RETIE adaptada

**Tabla 3.10.** Esquema de la matriz RETIE adaptada con la evaluación de los riesgos

Tipo de Riesgo	Evento o efecto	Causas del factor de riesgo	Factor de riesgo(causa)	Fuente	Una o más muertes	Incapacidad parcial permanente	Incapacidad temporal (>1 día)	Lesión menor (sin incapacidad)	Molestia funcional (afecta al rendimiento o laboral)	Valoración	FRECUENCIA	Categoría	AUX	Estimación del Nivel de riesgo
Real	ET,EMN,EI,ES	Descuidos en trabajos de mantenimiento	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en la empresa	C	5C	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en la empresa	C	5C	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	Negligencia o impericia	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en la empresa	C	5C	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	Mal mantenimiento	Equipo defectuoso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas				X	X	2	Ha ocurrido en la empresa	C	2C	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Mala instalación	Equipo defectuoso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas				X	X	2	Ha ocurrido en la empresa	C	2C	MEDIO
Real	EI	Conexiones flojas	Sobrecarga	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas					X	1	Ha ocurrido en la empresa	C	1C	BAJO

Los riesgos altos corresponden principalmente a contactos directos con partes de transformadores no aisladas, conductores y estructuras que se acoplan a terminaciones y empalmes de la red, causados por descuidos al momento de realizar los trabajos de operación y mantenimiento de las redes subterráneas. De igual magnitud los contactos directos provocados por el irrespeto a las distancias de seguridad ocasionan un riesgo alto.

Los riesgos medios aparecieron en su mayoría como la generación de arcos eléctricos debido a diferentes causas, entre las más comunes, los cortocircuitos, las conexiones flojas o los malos contactos entre conductores. Este riesgo se presenta principalmente cuando se realizan mantenimientos de los circuitos de las redes subterráneas, montajes e instalaciones de dispositivos para este tipo de redes y excavaciones.

Los niveles de riesgo bajos se presentaron principalmente como cortocircuitos o sobrecargas, causados por fallas de aislamiento, falta de sistemas de puesta a tierra, armónicos, etc. Cuando se realiza la operación y mantenimiento de circuitos en redes soterradas.

### **3.7. MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL CONTROL SOBRE EL RIESGO ELÉCTRICO**

En los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo basados en la norma ISO 45001 se establece el orden jerárquico para el control de los riesgos, teniendo en cuenta la fuente, el medio y el receptor, en donde se propone eliminar el peligro, sustituir el riesgo, controles de ingeniería, controles administrativos y equipos de protección personal (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2018).

### 3.7.1. MEDIDAS PROPUESTAS USANDO LA LISTA DE VERIFICACIÓN

Mediante la lista de verificación se comprobó que se realizan mantenimientos preventivos en las redes subterráneas; sin embargo, los sistemas están expuestos a factores ambientales y a factores externos, que pueden causar accidentes y/o daños potenciales. Con este antecedente se propone un programa de prevención del riesgo eléctrico de darse este tipo de eventos Anexo V.

En la Tabla 3.11. se expone las medidas aplicadas en la fuente, medio o receptor, bajo el criterio de toma de decisiones basadas en la observación directa.

**Tabla 3.11.** Medidas de control en la lista de verificación

SITUACIÓN A OBSERVAR	OBSERVACIONES	CONTROL		
		FUENTE	MEDIO	RECEPTOR
¿Las cámaras de transformación y cuartos de controles eléctricos permanecen en perfectas condiciones de orden y aseo y libres de materiales u otros objetos almacenados en ellas?	Aunque estas instalaciones permanecen cerradas, no se puede controlar el ingreso de roedores u otros animales que pueden causar incidentes.		Plan de control de plagas	
¿Los factores de riesgo eléctrico están claramente señalizados?	En algunas cámaras de transformación no se dispone señalización de advertencia.		Ubicar señales de seguridad visible de acuerdo con la NORMA NTE-INEN-3864, prohibición, advertencia, informativa.	
¿Existen elementos, cables o partes de la red en cualquiera de sus estructuras sin aislamiento?	En algunas cámaras de transformación, existen tramos de conductores, sin aislamiento.	Ubicar barreras o aislantes en los elementos o partes expuestas		
¿Se dispone de protección diferencial?	Debido a la naturaleza del sistema eléctrico, no se dispone protección diferencial.	Control de ingeniería: Implementar protección diferencial, en cámaras de transformación, en donde sea posible aplicarlo		

**Tabla 3.11.** Medidas de control en la lista de verificación (continuación...)

¿Existe un programa de mantenimiento periódico de todos los equipos, componentes e instalaciones del sistema eléctrico?	Las redes subterráneas, de construcción reciente, están diseñadas para al menos 15 años de acuerdo con la información nominal de la fabricación de los conductores y se realizan mantenimientos periódicos; sin embargo, el sistema eléctrico está expuesto a factores ambientales y particulares que hacen necesario tener planes de contingencia y metodologías para resolver incidentes.	Controles de ingeniería: El uso de conductores y elementos anti-inundaciones, uso de sistemas de bombeo de agua.	Medidas administrativas: Planes de diseño y mantenimiento adecuados y periódicos, ajustados a cada circunstancia geográfica.	
¿Existen estándares de seguridad y procedimientos específicos para trabajos con baja, media y alta tensión?	En general existen estándares aplicados a todo tipo de redes; sin embargo, no existen procedimientos específicos aplicados a la red subterránea.		Medidas administrativas: Permisos de trabajo, AST Análisis seguro de trabajo	
¿Los trabajadores que realizan trabajos en circuitos abiertos (des energizados) usan los equipos de protección personal (guantes, herramientas aisladas o plataformas aislantes)				Controlar el estado del EPP antes de su uso, mejora del EPP acorde a nuevas tecnologías.

### 3.7.2. MEDIDAS DE CONTROL BASADAS EN LA FICHA DE OBSERVACIÓN

En cuanto al comportamiento observado y registrado de los trabajadores en la ficha, se evidencia una tasa baja de incumplimientos de seguridad; sin embargo, la existencia del riesgo implicó establecer medidas de control para eliminarlo o minimizarlo.

### 3.7.2.1. Medidas de control aplicadas:

**Fuente:** Desarrollo de procedimientos de trabajo seguro Análisis de seguridad en el trabajo (AST) por actividad. El Análisis Seguro de Trabajo, AST o ATS es un proceso planificado, detallado y minucioso para gestionar paso a paso tareas con riesgos considerables (Luna Cervantes, 2020).

**Receptor:** Inspecciones de control del uso correcto de herramientas y EPP, Plan de Capacitaciones en seguridad industrial, Charlas de 5 minutos antes de iniciar las actividades diarias.

## 3.8. MEDIDAS DE CONTROL APLICADAS A LA METODOLOGÍA RETIE

El control de los riesgos medidos mediante esta metodología, se abordó como se menciona bajo el esquema jerárquico de las ISO 45001, para la gestión de riesgos. Además, se siguió las recomendaciones para la toma de decisiones del propio método enfocado hacia los distintos niveles de riesgos que pueden presentarse.

Como medidas de control en la fuente se propusieron controles de ingeniería, como sistemas de protección de falla a tierra para equipos de media y baja tensión, que requirieron el monitoreo permanente de los parámetros de los circuitos. Se planteó la construcción de sistemas anti-inundaciones, implementación de tecnología que considere la protección ante factores externos.

Como controles en la fuente se optó por medidas administrativas, como el control de calidad de los mantenimientos y en los parámetros de los elementos de los sistemas de protección como los sistemas de puesta a tierra, suspender la energía por secciones de ser posible.

En los controles aplicados al medio se propuso principalmente medidas administrativas como la elaboración de procedimientos de trabajo seguro, con PTS específicos y el análisis seguro de trabajo o AST (Anexo VII) sobre todo para las tareas o actividades con riesgos reales altos. Se formuló la implementación de los permisos de trabajo (Anexo VI) que fue un documento en donde se detallaron las actividades secuenciales, personas designadas, áreas a ser ocupadas, etc. Para realizar un trabajo considerado como peligroso (Sphera's Editorial Team, 2022).

Entorno a las medidas de prevención aplicadas al receptor se planteó la realización de capacitaciones, certificaciones y adiestramientos respecto a los métodos de trabajo en redes subterráneas. Se propuso que las capacitaciones se impartan en forma permanente, debido a que el personal está permanentemente expuesto los riesgos eléctricos, los adiestramientos van de la mano con las capacitaciones y cumplen con desarrollar destrezas a la hora de aplicar técnicas para trabajo en redes soterradas.

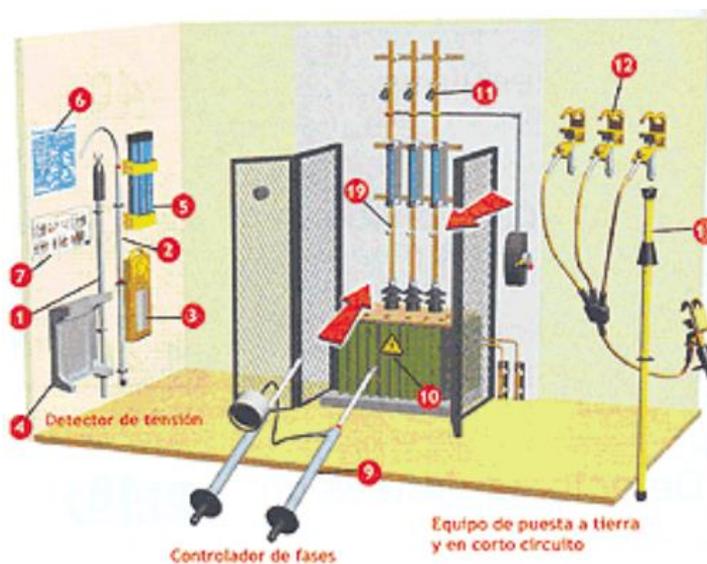
Uno de los aspectos donde se evaluaron niveles de riesgo altos fueron los riesgos con tensiones de contacto y de paso. Sobre estos tipos de riesgos también se propone capacitaciones en cuanto al manejo de posibles tensiones de contacto y de paso y técnicas como las 5 reglas de oro, el uso de la puesta a tierra temporal, o la verificación y evaluación del puesto de trabajo antes de iniciar labores para reducir el riesgo presente.

Las Figuras 3.3 y Figura 3.4 ilustran un equipo de puesta a tierra portátil y su forma de uso en una cámara subterránea. Este tipo de equipo se utiliza para establecer una conexión segura entre el sistema eléctrico y la tierra, lo que permite disipar las cargas eléctricas y minimizar los riesgos asociados a la electricidad.



**Figura 3.3.** Equipo de puesta a tierra portátil

(Dougnaç, 2007)



**Figura 3.4.** Uso de puesta a tierra portátil en cámara de transformación

(Dougnaç, 2007)

Si bien es cierto, el trabajo en redes subterráneas se lo realizó con el uso obligatorio de EPP diferenciados para trabajos con y sin tensión, se propuso un control adecuado de estos equipos realizando inspecciones del estado de los mismos antes de cada trabajo y además para el caso de los grupos de líneas energizadas, la implementación de banquetas dieléctricas y/o alfombras, ajustadas a soportar los niveles de voltaje en donde se trabaje.

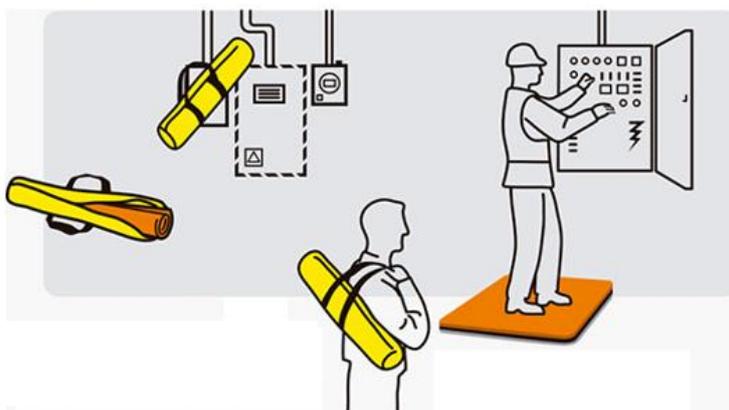
La Figura 3.5 Representa el uso de una banqueta aislante como medida de control ante el riesgo eléctrico



**Figura 3.5.** Uso de una banqueta aislante en entornos cerrados

(Prevencionar, 2019)

En la Figura 3.6. Se muestra la forma de trabajo en tableros eléctricos internos, utilizando una alfombra aislante



**Figura 3.6.** Uso de una alfombra aislante para trabajos en tableros eléctricos.

(Prevencionar, 2019)

En el Anexo X, se despliega la tabla completa con el análisis de cada factor de riesgo eléctrico, evento, causa y fuente que se detectó, para el personal que trabaja en las redes soterradas.

La Tabla 3.12. muestra un esquema de la matriz de análisis de riesgos con las medidas de control propuestas, en la fuente, medio y receptor, siguiendo la metodología RETIE y con las consideraciones de categoría que recomiendan las normas ISO 45001 respecto a la aplicación de controles para gestionar los riesgos.

**Tabla 3.12.** Esquema de la matriz de análisis de riesgos con medidas propuestas

Evento o efecto	Causas del factor de riesgo	Factor de riesgo(causa)	Fuente	Estimación del Nivel de riesgo	FUENTE	MEDIO	RECEPTOR
ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de paso	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	ALTO	Control de ingeniería: Sistema de protección de falla a tierra para equipos de media y baja tensión	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo	Capacitación al personal en sistemas de puesta a tierra Uso de EPP
ET,EMN,EI,ES	retardo en el despeje de la falla	Tensión de paso	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	ALTO	-	Control de ingeniería: Sistemas de alarma	Capacitación al personal sobre tensiones de paso. Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Descuidos en trabajos de mantenimiento	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	ALTO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión	Detectores de proximidad para trabajos en tensión o trabajos cerca de circuitos energizados  Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación en riesgos eléctricos  Uso correcto de EPP

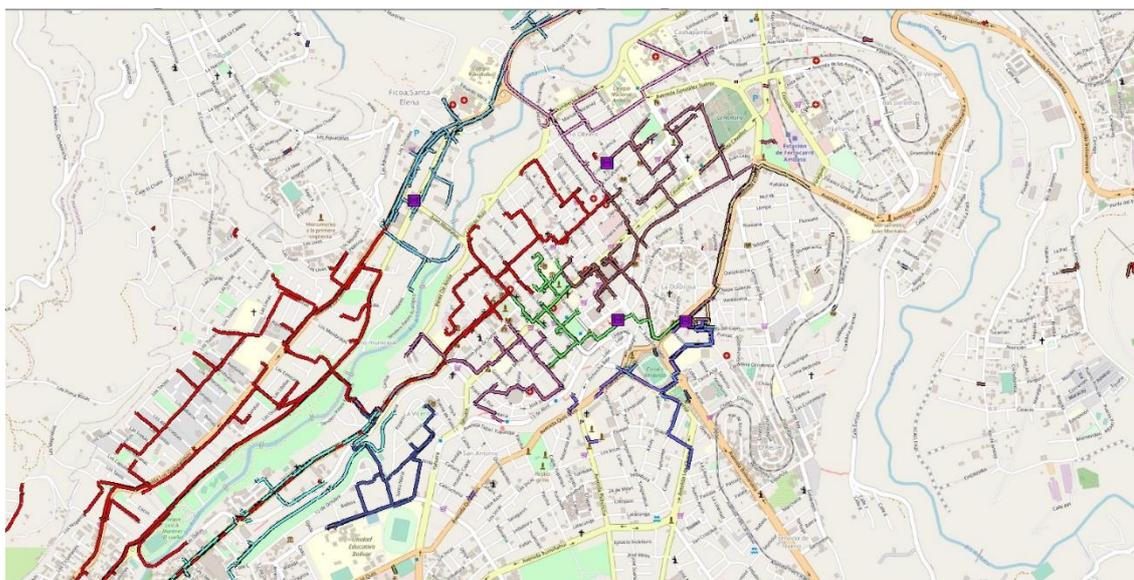
### 3.9. VALIDACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS MEJORAS PROPUESTAS

Para valorar la eficacia de las medidas de control propuestas, se evaluó nuevamente el riesgo bajo la metodología Árbol de Sucesos, descrita en el capítulo 2 con sus 8 etapas.

### 3.10. ETAPA PREVIA, FAMILIARIZACIÓN CON EL CONTEXTO (UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE LAS REDES Y CIRCUITOS SOTERRADOS).

El análisis de riesgos realizado permitió conocer la disposición de los circuitos, la ubicación de las redes, dentro del área urbana donde se realiza el estudio. Igualmente, por el análisis mencionado se pudo conocer los niveles de riesgos sus causas y potenciales consecuencias.

La Figura 3.7. muestra la disposición de la red subterránea en el centro de la ciudad de Ambato



**Figura 3.7.** Distribución de la red soterrada en el centro de la ciudad de Ambato

(Arcgis EEASA, 2022)

### 3.10.1. IDENTIFICACIÓN DE SUCESOS INICIALES DE INTERÉS

Los sucesos iniciadores se determinaron obteniendo las causas de los factores de riesgo, dentro de las actividades (procesos generales) que realizan los grupos de trabajo, las mismas que se obtuvieron en las reuniones del grupo de sondeo y la observación.

En algunos casos los procesos generales pueden tener más de un factor de riesgo y por ende más de un suceso iniciador.

En la Tabla 3.13 se definen los sucesos iniciadores, determinado como efecto o evento dentro de los procesos generales

**Tabla 3.13.** Determinación de sucesos iniciadores en procesos generales

Sucesos Iniciaadores	Factor de riesgo(causa)	Proceso general
Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Tendido de cables aislados para redes subterráneas de medio y bajo voltaje
cortocircuitos	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas
Aperturas con carga	Arcos eléctricos	
Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	
Manipulación indebida	Arcos eléctricos	
Descuidos en trabajos de mantenimiento	Arcos eléctricos	
Negligencia o impericia	Contacto directo	
Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	
Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	
Falla por mal mantenimiento	Equipo defectuoso	
fallas a tierra	Tensión de contacto	
Irrespeto distancias de seguridad	Tensión de contacto	
cortocircuitos	Arcos eléctricos	
Aperturas con carga	Arcos eléctricos	
Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	
Manipulación indebida	Contacto directo	
Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	
Mal mantenimiento	Contacto indirecto	
Fallas de aislamiento	Cortocircuito	
Mal mantenimiento	Equipo defectuoso	
Mala instalación	Equipo defectuoso	
Malos contactos	Arcos eléctricos	
cortocircuitos	Arcos eléctricos	
Aperturas con carga	Arcos eléctricos	
Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	
Manipulación indebida	Arcos eléctricos	
Descuidos en trabajos de mantenimiento	Arcos eléctricos	
Negligencia o impericia	Contacto directo	
Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	
Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	
Falla por mal mantenimiento	Contacto indirecto	
Fallas de aislamiento	Cortocircuito	
Negligencia o impericia	Cortocircuito	
Falla por mal mantenimiento	Equipo defectuoso	
Falla por mala instalación	Equipo defectuoso	
Conexiones flojas	Sobrecarga	Excavaciones y obras civiles
cortocircuitos	Arcos eléctricos	

### 3.10.2. DEFINICIÓN DE CIRCUNSTANCIAS ADVERSAS Y FUNCIONES DE SEGURIDAD PREVISTAS.

Para el caso, las funciones de seguridad constituyeron las medidas de prevención y control, las mismas que se muestran en la matriz del Anexo, para cada riesgo obtenido. Estas funciones fueron los sistemas de respuesta propuestos ante la eventual aparición de un suceso iniciador.

**Tabla 3.14.** Esquema de la matriz con medidas de control de los riesgos

Evento o efecto	Causas del factor de riesgo	Factor de riesgo(causa)	Fuente	Estimación del Nivel de riesgo	FUENTE	MEDIO	RECEPTOR
ET, EI	cortocircuitos	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	Controles de ingeniería: Sistemas de protección no aterrados.  Sistemas de puesta a tierra	-	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP prendas ignífugas, gafas de seguridad

Las circunstancias adversas fueron definidas como las consecuencias de las fallas de las medidas de protección, presentadas en forma cronológica.

Para el resultado mostrado, (que sirve como guía para entender la forma en que se obtuvo la información en cada árbol elaborado) en la Tabla 3.14 tuvimos los siguientes parámetros:

**Cortocircuito:** evento iniciador.

**Actuación del sistema de protección no aterrado:** Función de Seguridad.

**Actuación del sistema de puesta a tierra:** Función de Seguridad

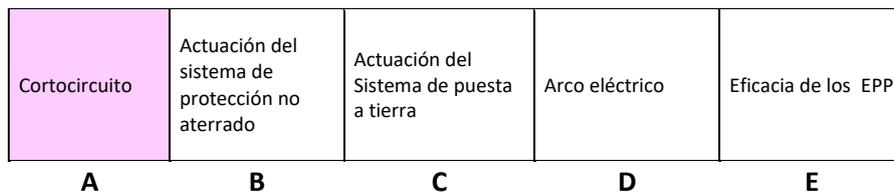
**Arco eléctrico:** Circunstancia Adversa.

**Eficacia del uso de EPP:** Función de Seguridad.

### 3.10.3. CONSTRUCCIÓN DE LOS ÁRBOLES DE SUCESOS Y POSIBLES RESPUESTAS DEL SISTEMA.

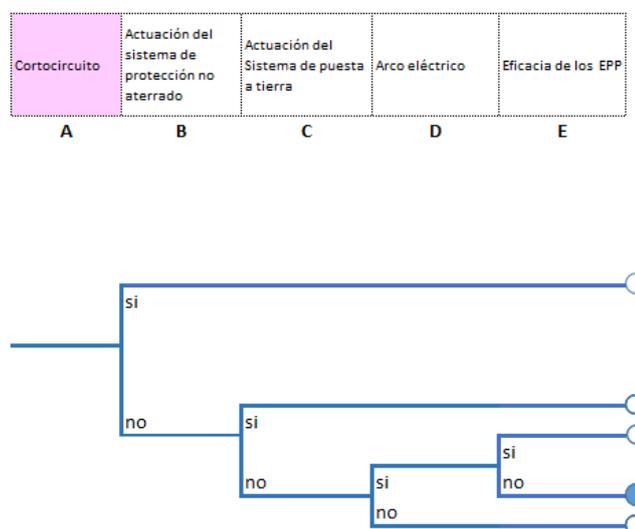
La construcción de los árboles de eventos, partió de izquierda a derecha desde el suceso iniciador, seguido en forma cronológica por los eventos de actuación de las funciones de seguridad y circunstancias adversas.

Estos eventos se ubicaron horizontalmente en la línea de encabezados principal y fueron designados con letras consecutivas del alfabeto para identificarlos como se muestra en la Figura 3.8.



**Figura 3.8.** Identificación de eventos para construcción del árbol

El árbol se graficó con un ramal principal que corresponde al evento iniciador, luego, conforme a los eventos siguientes se bifurca, la línea vertical ascendente representó los éxitos y la descendente los fallos de las funciones de seguridad o circunstancias adversas, como se detalla en la Figura 3.9.

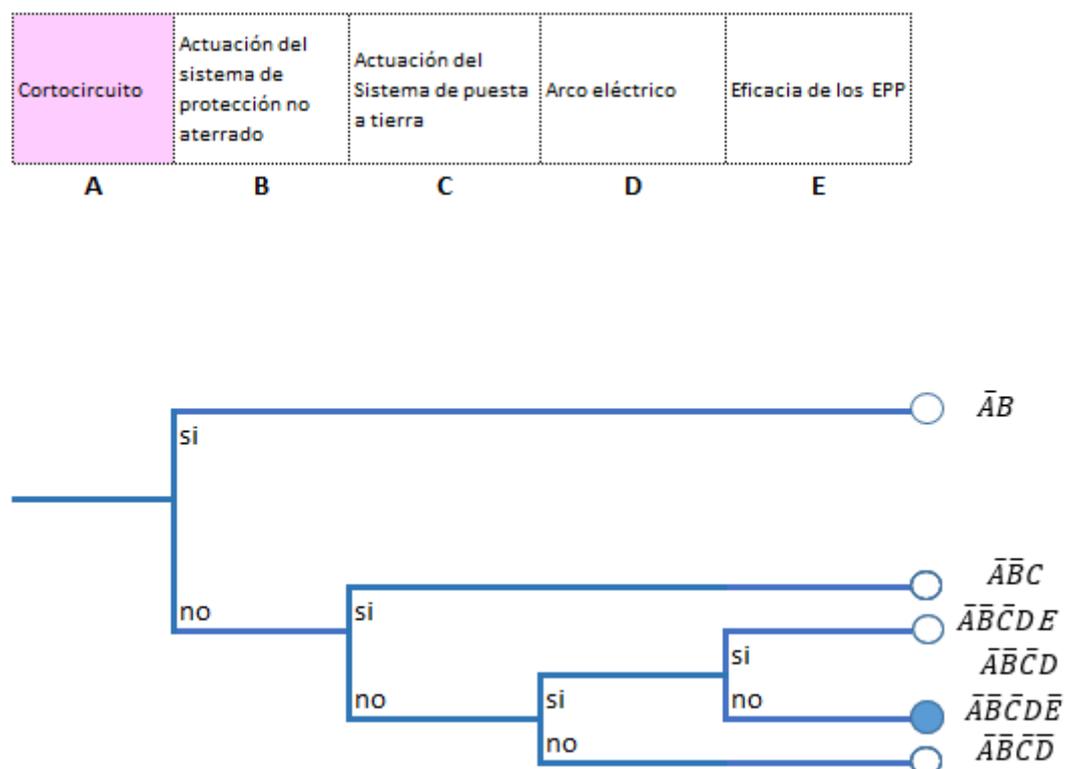


**Figura 3.9.** Naturaleza binaria de los ramales de la secuencia de eventos

Las respuestas del sistema fueron representadas con las letras del alfabeto correspondientes a los sucesos de la línea de encabezados, siendo la letra regular cuando se trató de un éxito y la letra con una barra en la parte superior cuando se trató de un fallo.

Las condiciones finales del sistema quedan expresadas por las diferentes combinaciones de éxito y fallo presentadas en la consecución de los eventos. Las condiciones finales que fueron favorables se representaron al final de las ramificaciones con una esfera en blanco para los éxitos y en azul para los fallos. Estas condiciones son las que corresponden al peor escenario y sirvieron para evaluar la probabilidad final del riesgo estimado.

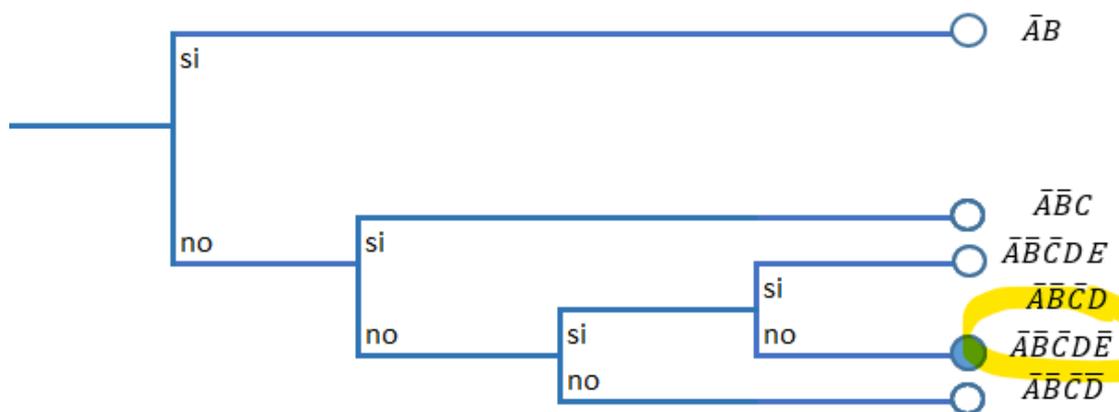
En la Figura 3.10. se aprecia las condiciones que se presentan en la secuencia de éxitos y fallos.



**Figura 3.10.** Condiciones que se presentan en la secuencia de éxitos y fallos

### 3.10.4. CLASIFICACIÓN DE LAS RESPUESTAS INDESEADAS EN CATEGORÍAS DE SIMILARES CONSECUENCIAS.

Las respuestas indeseadas se muestran en la Figura 3.11 (situación descontrolada, representada con esferas azules en el gráfico) se identificaron y clasificaron de acuerdo a las secuencias de eventos.



**Figura 3.11.** Representación e identificación de situaciones descontroladas

La combinación  $\bar{A}\bar{B}\bar{C}D\bar{E}$  Representó una situación descontrolada para el ejemplo

### 3.10.5. ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE CADA SECUENCIA.

Para determinar la probabilidad del evento iniciador se utilizó la relación:

$$\text{Probabilidad de un evento iniciador} = \frac{\text{Número de eventos presentados(fallas)}}{\text{Número de operaciones}} \quad [3.1.]$$

Este cálculo se registró en la Tabla 3.15. para cada evento iniciador encontrado y se obtuvo el nivel de probabilidad sin medias de control.

**Tabla 3.15.** Calculo de la probabilidad de un evento iniciador

Evento iniciador	Factor de riesgo	Operaciones donde se pueden presentar estos factores	No de eventos presentados	No. De operaciones	Probabilidad estimada	Porcentaje	Pb	Nivel de Probabilidad sin medidas de control
cortocircuitos	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	50	759	0,0659	6,59%	1	Frecuente

Para la aplicación y descripción del resultado, se tomó como ejemplo el evento iniciador cortocircuito que corresponde al procedimiento general Operaciones y Maniobras en redes subterráneas.

Los eventos registrados como Operación y maniobras en redes subterráneas de los últimos 5 años fueron 759, de donde 50 de estos procedimientos se conoce causaron cortocircuitos. Con esta relación obtenemos la probabilidad 0,0659 para el evento iniciador (Sistema de Atención de Reclamos y daños SISARD EEASA,2023).

Las probabilidades de los eventos siguientes se determinaron mediante la estimación de las dos posibles respuestas del método, es decir, la probabilidad de éxito o probabilidad de fracaso.

Para estimar la probabilidad del evento Actuación del sistema de protección no aterrado, y Actuación del Sistema de Puesta a Tierra, se tomó en cuenta varios aspectos.

Se realizó un análisis de estos sistemas existentes en las redes aéreas determinando su nivel de disponibilidad con datos obtenidos del Sistema de atención de reclamos y daños de la entidad ANEXO XV, de la siguiente manera:

La disponibilidad se calcula mediante:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} X100 \quad [3.2.]$$

Para eso se calculó el tiempo medio entre fallos o MTBF (Mean Time Between Failure)

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}} \quad [3.3.]$$

Del sistema se conoce el número de fallas registradas en las protecciones y el tiempo que duró la falla en horas, en el periodo 2011-2022

*Número de fallas = 19*

*Tiempo de la falla en horas = 2890*

Para conocer el tiempo de trabajo sin fallas o en buen estado se calculó:

*Número de horas en 11 años (2011 – 2023) = 24h \* 365d \* 11años*

*Número de horas en 11 años = 96.360h*

*Horas de trabajo en buen estado = Número de horas en 11 años – Tiempo de la falla en horas*

*Horas de trabajo en buen estado = 96.360 h – 2.890 h*

*Horas de trabajo en buen estado = 93.470 h*

$$MTBF = \frac{93.470h}{19}$$

$$MTBF = 4.919,47h$$

Luego se calculó el *MTTR* o el tiempo medio para la reparación (Mean Time To Repair)

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación}}{\text{Numero de intervenciones realizadas}} \quad [3.4.]$$

$$MTTR = \frac{2.890}{19}$$

$$MTTR = 152,10h$$

Con estos datos se calculó la disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{4.919,47h}{4.919,47h + 152,10h} \times 100$$

$$DISPONIBILIDAD = 97\%$$

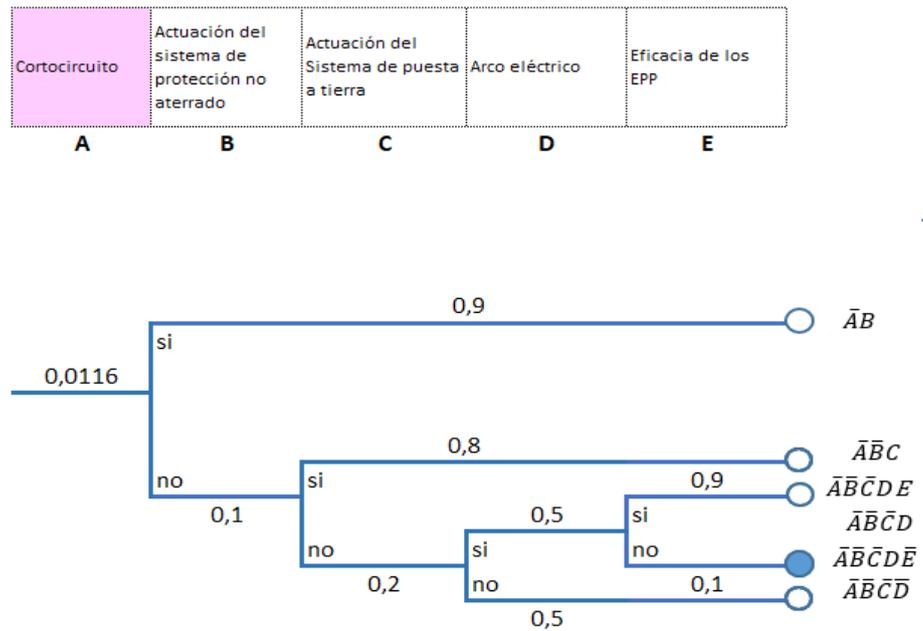
Lo que quiere decir que los sistemas de protección, medición, supervisión y control operaron el 97% del tiempo que estuvieron en funcionamiento en el periodo determinado.

Estos parámetros, en conjunto con el criterio de expertos en el área, (personal de la empresa con experiencia en este tipo de sistemas) nos permitieron estimar la probabilidad de éxito o de falla de los sistemas propuestos como medidas de control.

En general los sistemas de protección suelen tener una probabilidad de fallo relativamente baja; sin embargo, se consideró otros factores como el clima, la calidad de los equipos, el mantenimiento, la frecuencia de uso para aproximarnos al peor escenario.

En algunos casos para el cálculo de las probabilidades no se dispuso de datos suficientes, sin embargo, se consideró una probabilidad orientativa, que para todos los casos representa el peor escenario, en ese sentido, la respuesta del árbol no fue exacta, pero si válida para los objetivos planteados.

En la Figura 3.12 se detallan las estimaciones realizadas para cada evento en la secuencia del árbol de sucesos.



**Figura 3.12.** Probabilidades de los sucesos representados en el árbol

De las estimaciones realizadas, se obtuvieron las probabilidades complementarias de cada suceso mediante:

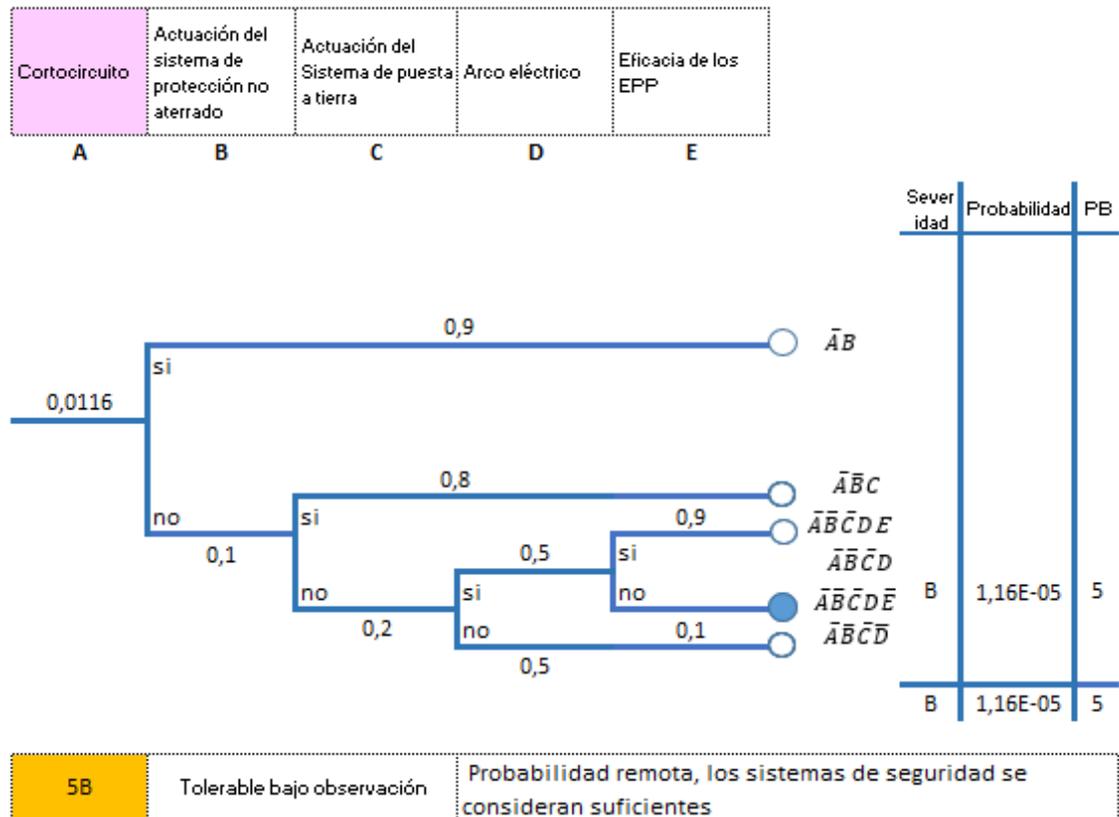
$$\text{Probabilidad de éxito} + \text{Probabilidad de fallo} = 1$$

### 3.10.6. CUANTIFICACIÓN DE RESPUESTAS INDESEADAS.

La probabilidad de las respuestas indeseadas, se determinó mediante el producto de cada una de las probabilidades del suceso inicial y los sucesos intermedios. La probabilidad conjunta de los sucesos negativos, se obtuvo sumando dichas consecuencias. Para todos los casos únicamente se cuantifican las probabilidades de fallo (INSST, 2008).

A cada probabilidad de respuesta indeseada y a la probabilidad conjunta se le asignó una escala de severidad y un valor de frecuencia, de acuerdo a las Tablas 2.4. y 2.5.

La Figura 3.13. muestra la respuesta del árbol de eventos completa con los datos del ejemplo tomado como aplicación.



**Figura 3.13.** Árbol de eventos

Probabilidad de acontecimientos no deseados  $\bar{A}\bar{B}\bar{C}D\bar{E}$  (fallo de A, fallo de B, fallo de C, respuesta de D, fallo de E)

$$P(\bar{A}\bar{B}\bar{C}D\bar{E}) = 0,0116 \times 0,1 \times 0,2 \times 0,5 \times 0,1 = 1,16 \times 10^{-5}$$

En los casos que se presenten más acontecimientos no deseados la suma de estos representa la probabilidad total del árbol de sucesos de que se presente una reacción descontrolada.

Probabilidad de reacción descontrolada

$$P(\bar{A}\bar{B}\bar{C}D\bar{E}) = 0,0116 \times 0,1 \times 0,2 \times 0,5 \times 0,1 = 1,16 \times 10^{-5}$$

En la parte inferior se estableció el criterio de tolerabilidad obtenido de la Tabla 2.6. y se emitió una conclusión basada en el nivel de probabilidad derivado. Se trata de una probabilidad remota, los controles se consideran suficientes. EL Anexo muestra todos los árboles de eventos construidos para evaluar los riesgos localizados

### 3.10.7. VERIFICACIÓN DE TODAS LAS RESPUESTAS DEL SISTEMA.

Las respuestas obtenidas fueron reevaluadas para evitar omitir etapas o ramificaciones en la construcción del árbol. En algunos casos se recurrió al criterio de personal afín a los procesos para no incurrir en omisiones o errores propios del método.

### 3.10.8. VERIFICACIÓN DEL CAMBIO DE NIVEL DE RIESGO

El cambio en la probabilidad de ocurrencia del peor escenario, que fueron las secuencias de eventos negativas en los árboles, evidenció la eficacia de las medidas adoptadas, que se cumple en la mayoría de los casos analizados.

En la Tabla 3.16. se muestra el cálculo y evaluación del nuevo nivel de riesgo con las medidas adoptadas.

**Tabla 3.16.** Verificación del nuevo nivel de riesgo

Evento iniciador	Factor de riesgo	Operaciones donde se pueden presentar estos factores	No. de eventos presentados	No. De operaciones	Probabilidad estimada	Porcentaje	Pb	Nivel de Probabilidad sin medidas de control	Pb	Nivel de Probabilidad con medidas de control
cortocircuitos	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	50	759	0,0659	6,59%	1	Frecuente	5	Altamente improbable

En el Anexo se detalla el análisis de los niveles de riesgo iniciales y luego de aplicar las medidas de control, aplicando esta metodología a todos los riesgos evaluados.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- A partir de una lista de verificación, la ficha de observación y el grupo de sondeo conformado por los trabajadores y coordinadores de actividades, se obtuvieron los factores de riesgo eléctrico, a los que están efectivamente expuestos los trabajadores de redes soterradas de la EEASA.
- Mediante la metodología RETIE se evaluó el nivel de riesgo existente en las redes soterradas de la ciudad de Ambato, obteniéndose un nivel de riesgo alto para 16 de los 65 riesgos evaluados, se obtuvo un nivel de riesgo medio en 43 de los 65 riesgos evaluados y un nivel de riesgo bajo en 6 de los 65 riesgos evaluados.
- Con esta evaluación se evidenció que existe exposición a factores de riesgo eléctrico, alrededor del 80% de los riesgos altos tiene que ver con exposición a tensiones de contacto y de paso, y se requiere medidas de control.
- Los controles o medidas presentadas en el receptor fueron capacitaciones sobre el uso correcto de Equipos de protección personal, tensiones de paso, puestas a tierra, implementación de permisos de trabajo y los AST (Análisis seguro de trabajo) como medidas administrativas y la dotación de detectores de proximidad para trabajos sin tensión.
- Se validó la eficacia de las medidas propuestas mediante la metodología ETA (Event Trees Analysis) árbol de eventos o sucesos obteniéndose una disminución en el nivel de riesgo.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda la implementación de las medidas de prevención y control del riesgo eléctrico descritos en el presente trabajo y extenderlas a los centros operativos de toda el área de servicio de la empresa.
- Implementar un plan de prevención de riesgos laborales direccionado a los trabajadores de redes subterráneas donde se considere los riesgos propios de este tipo de redes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acuerdo Ministerial 13. (1998). *Reglamento de Riesgos de Trabajo en Instalaciones Eléctricas*. Quito: Registro Oficial 249.
2. Acuerdo ministerial 174. (2008). Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas. Quito: Registro Oficial Suplemento 249.
3. Archivos SST Eeasa. (2023). Reporte de Accidentes e Incidentes de la Eeasa 2017-2023. Ambato, Tungurahua, Ecuador. Sistema Informático SISARD EEASA.
4. Baigorri Gurrea, A. (2016). Arcos eléctricos. Un factor de riesgo grave, también en baja tensión. *Instituto de Salud Pública y Seguridad de Navarra*. Recuperado de <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/EF1224A4-E797-4B30-9ED7-E04C53A3F829/324306/FTP40ArcosElemodificadajunio2016.pdf> (Marzo, 2022)
5. Código del Trabajo. (2012). *Código del Trabajo*. Quito: Registro Oficial Suplemento 167.
6. Consejo Andino. (2004). *Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Guayaquil: Consejo Andino de Ministros de Relaciones Exteriores.
7. Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi: Estado Ecuatoriano.
8. Grupo Ctaima. (2020). Accidentes eléctricos, las 3 causas más comunes. *Ctaima*. Recuperado de: <https://www.ctaima.com/blog/accidentes->

electricos-las-3-causas-mas-comunes (Marzo, 2022)

9. Decreto Ejecutivo 2393. (1986). *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo*. Quito: Estado Ecuatoriano.
10. Decreto Ejecutivo No. 796. (2005). *Reglamento Sustitutivo del Reglamento de Suministro del Servicio De Electricidad*. Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables.
11. Dirección General de Protección Civil de España. (1996). Guía Técnica: Métodos Cuantitativos para el Análisis de Riesgos. *Dirección General de Protección Civil*. Recuperado de <https://www.proteccioncivil.es/> (Febrero, 2023)
12. Electrical Power Cable Engineering. (2011). *Electrical Power Cable Engineering* (3ra. Ed.). Nueva York: Taylor & Francis Group.
13. Electricistas CL. (2022). Líneas eléctricas soterradas, métodos de instalación. *Electricistas.cl*. Recuperado de <https://electricistas.cl/lineas-electricas-soterradas-metodos-de-instalacion/> (Febrero, 2022)
14. Farina, A. L. (2015). *Riesgo eléctrico (1ra. ed. )*. Buenos Aires: Alsina.
15. Health and Safety Authority. (2016). *Code of Practice For Avoiding Danger From Underground Services*. Dublin: Health and Safety Authority.
16. Henao Robledo, F. (2011). *Riesgos eléctricos y mecánicos (1ra. ed.)*. Bogotá: Ecoe ediciones.
17. Hernández, J. (2020). Trabajos Eléctricos. *Tuveras*. Recuperado de

<http://endrino.pntic.mec.es/jhem0027seguridad/trabajos/seguridad.htm#trabajot> (Marzo, 2022)

18. Hughes, T. P. (1993). *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930* (Reprint edición, 1 Marzo 1993). Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
19. Ignac-Nowicka, J. (2018). Application Of The Fta And Eta Method For Gas Hazard Identification For The Performance Of Safety Systems In The Industrial Department. *Management Systems in Production Engineering*, 26(1), 23-26. doi: 10.2478/mspe-2018-0003
20. INSST. (2008). NTP 328: Análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos. *INSST*. Recuperado de: [www.insst.es › documents › ntp\\_328.pdf](http://www.insst.es/documents/ntp_328.pdf) (Marzo, 2022)
21. INSST. (2020). *Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico*. Madrid: Servicios Gráficos Kenaf, S.L.
22. Iriss (2018). What is an arcflash and arc blast? *Iriss*. Recuperado de <https://iriss.com/articles/what-is-an-arc-flash-and-an-arc-blast/> (Marzo, 2022)
23. Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2018). *Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo—Requisitos con orientación para su uso* (ISO 45001). Recuperado de <https://www.iso.org/standard/63787.html> (Marzo, 2022)
24. Lorentson, C. (2015). Arc blast What is it? *Power studies*. Recuperado de <https://www.powerstudies.com/blog/arc-blast-what-it> (Marzo, 2022)

25. Martínez Mariño, O. B. (2011). Tablas de Probabilidad/Severidad/Tolerabilidad. *Aerocivil*. Recuperado de: <https://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/biblioteca-tecnica> (Mayo, 2022)
26. Organización Internacional del Trabajo. (2010). Seguridad eléctrica *Organización Internacional del Trabajo*. Recuperado de: <https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/electrical-safety/lang--es/index.htm> (Mayo, 2022)
27. Pérez Gabarda, I. (2019). Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano. *INSHT NTP 400*. Recuperado de <https://saludlaboralydiscapacidad.org/wp-content/uploads/2019/04/NTP-400.pdf> (Febrero, 2022)
28. Prevencionar. (2019). Trabajos en tensión. *Prevencionar*. Recuperado de: <https://prevencionar.com/2019/04/01/trabajos-en-tension-recomendaciones-generales/> (Abril, 2022)
29. Ramírez Castaño, S. (2004). *Redes de Distribución de Energía* (3ra.ed.). Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
30. Resolución 017 (2020). *Calidad del Servicio de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica*. Quito: Agencia de Regulación y Control de Electricidad y Recursos Naturales No Renovables.
31. Resolución No. 001. (2018). *Comite Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo*. Quito: Ministerio de Salud Pública del Ecuador.
32. Retie. (30 de agosto de 2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Energía y

Minas de Colombia.

33. Salcedo Martínez, J. (2019). Cuestionario para evaluar comportamientos seguros e inseguros: aplicación en áreas técnicas de una organización ambiental y forestal en Colombia. (Tesis de Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo) Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10554/43377>.
34. Seguridad minera. (2017) ¿Cuáles son las fuentes de ignición de los incendios? *Seguridad minera*. Recuperado de <https://www.revistaseguridadminera.com/emergencias/cuales-son-las-fuentes-de-ignicion-de-los-incendios/> (Marzo, 2022)
35. Service Quality Ecuador. (2020). Modelo de la Pirámide de Kelsen. *Facebook*. Recuperado de: <https://www.facebook.com/ServiceQualityEcu/photos/a.2264994573760748/2712713775528882/?type=3&theater> (Abril 2022)
36. SRSRT. (2023). Reporte de accidentes de trabajo. *Sistema de avisos de Registro del Seguro de Riesgos del Trabajo*. Recuperado de: <https://www.iess.gob.ec/es/web/guest/visor-riesgos> (Enero, 2023)
37. Suazo, L. (2022). Ocho indicadores de mantenimiento para la gestión de activos. *Tractian*. Recuperado de: <https://tractian.com/> (febrero 2023)
38. Villarrubia, M. (2022). Seguridad eléctrica: Efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano. *Energúa*, 51-59. Recuperado de <http://www.ing.unp.edu.ar/electronica/asignaturas/ee016/anexo/s-BIB851.pdf>
39. Wo Chiu, T., & Burd, A. (2005). *Key Topics in Plastic and Reconstructive Surgery* (1ra. ed.). CRC Press.

## **ANEXOS**

## ANEXO I.

## LISTA DE VERIFICACIÓN PARA IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO

Tabla AI.1. Lista de verificación para identificar factores de riesgo eléctrico

SITUACIÓN A OBSERVAR	Sí	No	No aplica	OBSERVACIONES
¿Las cámaras de transformación y cuartos de controles eléctricos permanecen cerrados y a ellos sólo ingresa personal autorizado, generalmente electricistas?				
¿Las cámaras de transformación y cuartos de controles eléctricos permanecen en perfectas condiciones de orden y aseo y libres de materiales u otros objetos almacenados en ellas?				
¿Todos los factores de riesgo eléctrico están claramente señalizados?				
¿La disposición del cableado en cámaras de transformación, cuartos de controles o cámaras de revisión se encuentra ordenada?				
¿Existen elementos, cables o partes de la red en cualquiera de sus estructuras sin aislamiento?				
¿Todas las cámaras de transformación, cuartos de controles, transformadores y equipos incluyendo la cubierta de los motores (si aplica) tienen circuitos de puesta a tierra?				
¿Se dispone de sistemas de protección contra sobre intensidades o cortocircuitos?				
¿Se dispone de protección diferencial?				
¿Se evita al máximo el empleo de extensiones e instalaciones provisionales y cuando se presentan están debidamente señalizadas?				
Existe un programa de mantenimiento periódico de todos los equipos, componentes e instalaciones del sistema eléctrico?				
¿Existen estándares de seguridad y procedimientos específicos para trabajos con baja, media y alta tensión?				
¿Los trabajadores reciben entrenamiento sobre qué hacer en caso de accidentes con electricidad y cómo prestar los primeros auxilios?				
¿Los trabajadores que realizan trabajos en circuitos abiertos (desenergizados) usan los equipos de protección personal (guantes, herramientas aisladas o plataformas aislantes)?				
<b>TOTAL</b>				

(Sistema mid, 2019)

**ANEXO II**  
**FORMATO Y PREGUNTAS PARA EL GRUPO DE SONDEO**

**FORMATO PARA GRUPO DE SONDEO**  
**(FOCUS GROUP)**



**EEASA 2022**





**Preguntas de seguimiento**

**11. ¿Qué pasaría en caso de contar con esos cambios sugeridos?**

---

---

---

---

---

---

---

---

**12. ¿Qué pasaría en caso de continuar trabajando como hasta hoy?**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Preguntas de salida**

**13. ¿Existe algo que le gustaría agregar?**

---

---

---

---

---

---

---

---

### ANEXO III

## PREGUNTAS FICHA DE OBSERVACIÓN BASADA EN EL COMPORTAMIENTO

**Tabla AIII.1.** Preguntas ficha de observación basada en el comportamiento

**I. operación o uso de equipos y herramientas a la hora de realizar sus labores**

		No aplica	Nunca	Casi nunca	Casi siempre	Siempre
1	Usa las manos en lugar de las herramientas para limpiar, ajustar, agarrar o golpear.					
2	Utiliza equipos y herramientas solo para los fines que fueron diseñados.					
3	Inspecciona y verifica que los equipos y herramientas con los que se va a trabajar estén en buen estado (realiza inspección pre-operacional.)					
4	Opera maquinaria o herramientas mecánicas sin haber sido capacitado para esto.					
5	Realiza algún arreglo provisional a una herramienta para poderla usar					
6	Retira guardas o barreras de seguridad de los equipos.					

**II. Exposición innecesaria a zonas de peligro (inseguras) a la hora de realizar sus labores.**

		No aplica	Nunca	Casi nunca	Casi siempre	Siempre
7	Retira cualquier parte de su cuerpo de la línea de peligro (puntos posibles de contacto con electricidad)					
8	Retira a otras personas de la línea de peligro (puntos posibles de contacto con electricidad que puedan afectar a su compañero.)					
9	Se expone de manera innecesaria a situaciones que puedan afectar su integridad					

**I. Violación de políticas de seguridad, normas, estándares de seguridad a la hora de realizar sus labores.**

		No aplica	Nunca	Casi nunca	Casi siempre	Siempre
10	Accede a áreas peligrosas sin permiso.					
11	Aplica las 5 reglas de oro para trabajos sin tensión					
12	Omite procedimientos o excluyen dispositivos de seguridad					
13	Usa joyas (anillos, relojes, collares, etc.) durante la manipulación de herramientas					

**IV. Uso de elementos de protección personal a la hora de realizar sus labores.**

		No aplica	Nunca	Casi nunca	Casi siempre	Siempre
14	Usa gafas o caretas cuando hay situaciones que puedan afectar sus ojos o rostros (por ejemplo, peligro de arcos eléctricos).					
15	Usa protección para los pies con características dieléctricas.					
16	Usa guantes para actividades que requieren protección para las manos (por ejemplo, trabajo a contacto o en la manipulación de herramientas manuales).					
17	Reporta a su jefe inmediato cuando sus elementos de protección personal están defectuosos, desgastados o dañados.					
18	Usa los elementos de protección solamente cuando está presente el supervisor de área.					

## ANEXO IIIV

### MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL ANEXO DEL REGLAMENTO TÉCNICO (RETIE)

**Tabla AIV.1.** Matriz para análisis de riesgos

<b>RIESGO A EVALUAR:</b>		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE			
		Potencial <input type="checkbox"/>		Real <input type="checkbox"/>			FRECUENCIA			
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
	Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____									

(Retie, 2013)

## ANEXO V

### TABLA PARA LA TOMA DE DECISIONES (RETIE)

**Tabla AV.1.** Tabla para toma de decisiones y establecimiento de controles

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	<b>Inadmisibile para trabajar.</b> Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo.  Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	<b>Minimizarlo.</b> Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	<b>Aceptarlo.</b> Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).  Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	<b>Asumirlo.</b> Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>· ¿Qué puede salir mal o fallar?</li> <li>· ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?</li> <li>· ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?</li> </ul>
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

(Retie, 2013)

## ANEXO VI

### MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE RIESGOS RETIE MODIFICADA

**Tabla AVI.1.** Matriz para evaluación de riesgos RETIE modificada

Tipo de Riesgo	Evento o efecto	Causas del factor de riesgo	Factor de riesgo(causa)	Fuente	Una o más muertes	Incapacidad parcial permanente	Incapacidad temporal (>1 día)	Lesión menor (sin incapacidad)	Molestia funcional (afecta al rendimiento laboral)	Valoración	FRECUENCIA	Categoría	AUX	Estimación del Nivel de riesgo
Real	ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Tendido de cables aislados para redes subterráneas de medio y bajo voltaje	X	X	X	X	X	5	No ha ocurrido en el sector	E	5E	MEDIO
Real	ET,EI	Malos contactos	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EI	cortocircuitos	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EI	Aperturas con carga	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas			X	X	X	3	Ha ocurrido en la empresa	C	3C	MEDIO
Real	ET,EI	Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EI	Manipulación indebida	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas		X	X	X	X	4	No ha ocurrido en el sector	E	4E	MEDIO
Real	ET,EI	Descuidos en trabajos de mantenimiento	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas		X	X	X	X	4	No ha ocurrido en el sector	E	4E	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Negligencia o impericia	Contacto directo	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas			X	X	X	3	Ha ocurrido en la empresa	C	3C	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas			X	X	X	3	Ha ocurrido en la empresa	C	3C	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Mal mantenimiento	Equipo defectuoso	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas				X	X	2	Sucede varias veces al año en la empresa	B	2B	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de contacto	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	No ha ocurrido en el sector	E	5E	MEDIO

**Tabla AVI.1. Matriz para evaluación de riesgos RETIE modificada (continuación)**

Real	ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de paso	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	retardo en el despeje de la falla	Tensión de paso	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EI	Malos contactos	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en la empresa	C	4C	MEDIO
Real	ET,EI	cortocircuitos	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas			X	X	X	3	Ha ocurrido en la empresa	C	3C	MEDIO
Real	ET,EI	Aperturas con carga	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas			X	X	X	3	Ha ocurrido en la empresa	C	3C	MEDIO
Real	ET,EI	Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas			X	X	X	3	Ha ocurrido en la empresa	C	3C	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Manipulación indebida	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en la empresa	C	4C	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Descuidos en trabajos de mantenimiento	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en la empresa	C	5C	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en la empresa	C	5C	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	Negligencia o impericia	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en la empresa	C	5C	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas			X	X	X	3	Ha ocurrido en el sector	D	3D	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Mal mantenimiento	Contacto indirecto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas			X	X	X	3	Ha ocurrido en el sector	D	3D	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Cortocircuito	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas				X	X	2	Ha ocurrido en el sector	D	2D	BAJO
Real	ET,EMN,EI,ES	Negligencia o impericia	Cortocircuito	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas				X	X	2	Ha ocurrido en el sector	D	2D	BAJO

**Tabla AVI.1. Matriz para evaluación de riesgos RETIE modificada (continuación)**

Real	ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Cortocircuito	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas				X	X	2	Sucede varias veces al año en la empresa	B	2B	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Mal mantenimiento	Equipo defectuoso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas				X	X	2	Ha ocurrido en la empresa	C	2C	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Mala instalación	Equipo defectuoso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas				X	X	2	Ha ocurrido en la empresa	C	2C	MEDIO
Real	ET,ES	Fallas de diseño de protecciones	Rayos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas				X	X	2	Ha ocurrido en el sector	D	2D	BAJO
Real	EI	Conexiones flojas	Sobrecarga	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas					X	1	Ha ocurrido en la empresa	C	1C	BAJO
Real	EI	Armónicos	Sobrecarga	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas					X	1	Ha ocurrido en la empresa	C	1C	BAJO
Real	EI	Factor de potencia no controlado	Sobrecarga	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas					X	1	Ha ocurrido en la empresa	C	1C	BAJO
Real	ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de contacto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Tensión de contacto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de paso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	Factores ambientales o externos	Tensión de paso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	retardo en el despeje de la falla	Tensión de paso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EI	Malos contactos	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EI	cortocircuitos	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas			X	X	X	3	Ha ocurrido en el sector	D	3D	MEDIO
Real	ET,EI	Aperturas con carga	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas			X	X	X	3	Ha ocurrido en la empresa	C	3C	MEDIO

**Tabla AVI.1. Matriz para evaluación de riesgos RETIE modificada (continuación)**

Real	ET,EI	Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EI	Manipulación indebida	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	No ha ocurrido en el sector	E	4E	MEDIO
Real	ET,EI	Descuidos en trabajos de mantenimiento	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	No ha ocurrido en el sector	E	4E	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Negligencia o impericia	Contacto directo	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Mal mantenimiento	Contacto indirecto	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Falta de puesta a tierra	Contacto indirecto	Operación y maniobras en redes subterráneas			X	X	X	3	No ha ocurrido en el sector	E	3E	BAJO
Real	ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Cortocircuito	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Negligencia o impericia	Cortocircuito	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Mal mantenimiento	Equipo defectuoso	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	ET,EMN,EI,ES	Mala instalación	Equipo defectuoso	Operación y maniobras en redes subterráneas		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en el sector	D	4D	MEDIO
Real	EI	Fallas de diseño de protecciones	Rayos	Operación y maniobras en redes subterráneas				X	X	2	Ha ocurrido en el sector	D	2D	BAJO
Real	EI	Conexiones flojas	Sobrecarga	Operación y maniobras en redes subterráneas				X	X	2	Ha ocurrido en la empresa	C	2C	MEDIO
Real	EI	Armónicos	Sobrecarga	Operación y maniobras en redes subterráneas				X	X	2	Ha ocurrido en el sector	D	2D	BAJO
Real	EI	Factor de potencia no controlado	Sobrecarga	Operación y maniobras en redes subterráneas				X	X	2	Ha ocurrido en el sector	D	2D	BAJO
Real	ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de contacto	Operación y maniobras en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Tensión de contacto	Operación y maniobras en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Tensión de contacto	Operación y maniobras en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de paso	Operación y maniobras en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO

**Tabla AVI.1. Matriz para evaluación de riesgos RETIE modificada (continuación)**

Real	ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Tensión de paso	Operación y maniobras en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EMN,EI,ES	retardo en el despeje de la falla	Tensión de paso	Operación y maniobras en redes subterráneas	X	X	X	X	X	5	Ha ocurrido en el sector	D	5D	ALTO
Real	ET,EI	cortocircuitos	Arcos eléctricos	Excavaciones y obras civiles		X	X	X	X	4	Ha ocurrido en la empresa	C	4C	MEDIO

**ANEXO VII**  
**PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA**

	Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo	
	NIVEL 4: PROGRAMAS N°:	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> SG-SST	
PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA	Fecha:	
	Versión:	001
	Página <b>104</b> de <b>201</b>	

# PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA



Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Código: PRG-SST-013
			Fecha de modificación:

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>105</b> de <b>201</b>	

Sistemas de protección de Falla a Tierra para equipo de Baja Tensión.

## 1. Introducción

En los sistemas eléctricos siempre existe la posibilidad de que se presente unainterrupción en el suministro de energía debido a sobrecargas o cortos circuitos ya seapor errores de operación, condiciones ambientales, falta de mantenimiento o descargas atmosféricas.

En el caso del corto circuito, éste puede ser clasificado en los siguientes tipos: 1.- Corto circuito Sólido o Franco.

Se presenta cuando los conductores (línea, neutro o tierra) están conectados sólidamente entre sí, presentándose una impedancia cero en dicha conexión por lo que se obtiene la condición de corriente máxima.

## 2. Falla a Tierra

Ésta sucede cuando una de las fases del sistema entra en contacto directo a tierra o con alguna parte metálica que se encuentre aterrizada.

## 3. Falla por Arco

Sucede entre dos conductores cercanos pero que no entran en contacto directo.

Las fallas a tierra pueden originarse de diferentes formas pero las más comunes son, reducción del aislamiento, daños físicos en el aislamiento de conductores o una cantidad excesiva de transitorios que pueden dañar el aislamiento.

Estos problemas se pueden presentar debido a la humedad, contaminación ambiental, esfuerzos mecánicos, deterioro del aislamiento, etc. Aunque algunas de las situaciones anteriores pueden ser controladas con un buen programa de mantenimiento siempre existe el riesgo latente de una falla más comúnmente durante la instalación o mantenimiento mayor de los equipos.

La magnitud de la corriente de falla a tierra varía de manera importante según el método de puesta a tierra que se esté empleando. Aunque la falla

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>106</b> de <b>201</b>	

a tierra puede alcanzar valores de corriente de hasta miles de amperes, el NEC 2011 en el artículo 230.95 inciso (A) indica que el ajuste máximo para la protección de falla a tierra deberá ser de 1200Amp y el tiempo máximo de retraso para corrientes de 3000Amp o más deberá ser de 1 segundo.

El decidir que ajuste en amperes seleccionar para cada dispositivo de protección depende básicamente de las características del circuito a ser protegido, por ejemplo si se alimentan cargas individuales los niveles de corriente pueden ser de 5Amp a 10Amp, pero por otro lado si el circuito alimenta múltiples cargas y cada carga cuenta con su protección individual, los ajustes de protección del alimentador deberán ser mayores a fin de permitir que las protecciones “aguas abajo” operen ante fallas de menor magnitud en sus respectivos circuitos.

Si el sistema no cuenta con un esquema de protección adecuado, los efectos de una falla a tierra pueden ser muy destructivos.

Las consecuencias de una falla a tierra pueden ir desde la interrupción del suministro de energía gracias a un adecuado sistema de protección hasta la destrucción completa de los equipos por explosión o incendio e incluso quemaduras ó electrocución de personal que se encuentre cerca del área de la falla. Las consecuencias de una falla a tierra van directamente ligadas al método de puesta a tierra que se esté utilizando.

#### 4. ¿Cuándo se requiere protección de Falla a Tierra?

Características con las que debe contar un sistema eléctrico para que se requiera la utilización de protección de falla a tierra de la manera siguiente:

- Cuando se tengan sistemas sólidamente puestos a tierra.
- Que el sistema tenga un voltaje de línea a línea de entre 260 y 600Volts inclusive.
- Que el sistema cuente con un dispositivo de desconexión de 1000A o más.
- Que la carga alimentada no sean Bombas contra Incendio.

Las 4 características anteriores aplican para la NOM001 en México y para el NEC- 2011, sin embargo, existen algunas características adicionales mencionadas en el NEC-2011

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>107</b> de <b>201</b>	

El ajuste máximo de la protección de falla a tierra deberá ser de 1200A y el tiempo máximo de retraso para corrientes de 3000Amp ó más deberá ser de 1 segundo.(NEC 230.95A)

El sistema completo de protección de falla a tierra y no solamente la unidad de disparo individual, deberá ser probado en la instalación inicial.(NEC 230.95C)

## 5. Tipos de Puesta a Tierra.

Actualmente ha aumentado el interés en el uso de sistemas de protección de Falla a Tierra debido a que éste tipo de protección es requerida por el NEC (NOM en México) y la NFPA en ciertos equipos y alimentadores, además del interés de los usuarios en cuanto a mejorar la protección de los operadores.

La intención de conectar a tierra los sistemas es el poder controlar el voltaje con respecto a tierra y proveer un camino a la corriente que nos permita detectar la conexión no deseada entre conductores de línea y tierra y al detectar ésta corriente iniciar la operación de los dispositivos de protección para retirar el voltaje de éstos conductores.

Existen diversos dispositivos de protección de Falla a Tierra en el mercado y éstos tienen su uso dependiendo del tipo de puesta a tierra con el que se cuente en nuestro sistema.

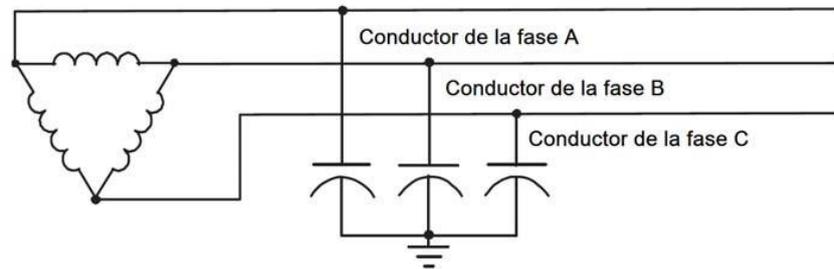
Siempre que se trabaja en el diseño de un sistema eléctrico surge la duda de cómo se debe aterrizar el sistema. El aterrizar los sistemas eléctricos es generalmente recomendado, sin embargo existen algunas excepciones. Existen diversos métodos y criterios para la puesta a tierra de sistemas y cada uno de ellos tiene su propio propósito.

A continuación se enlistan algunos de los métodos existentes y cuáles son sus ventajas y desventajas:

### 5.1. Sistema Flotante

Éste sistema se define como aquel que no cuenta con una conexión intencional a tierra. Sin embargo siempre existe un acoplamiento capacitivo entre los conductores de línea del sistema y también entre conductores de línea y tierra. A éste sistema también se le conoce como Sistema aterrizado por Capacitancia.

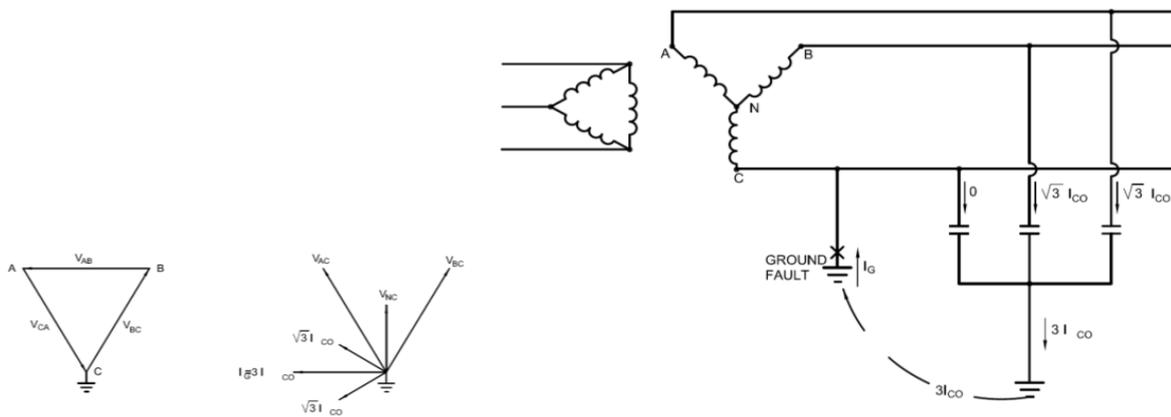
<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>



Puesta a tierra sistema flotante  
(General electric, 2022)

Cuando el sistema se encuentra operando de manera normal las corrientes capacitivas y los voltajes a tierra por fase son iguales y desplazados 120°C uno del otro por lo que se tiene un sistema vectorial totalmente balanceado.

Si alguna de las fases entra en contacto con tierra, el flujo de corriente a través de ésta fase a tierra se detendrá debido a que ya no habrá diferencia de potencial entre conductores. Al mismo tiempo en las fases restantes el flujo de corriente se incrementará por raíz de 3 y estarán desplazadas solamente 60°C una de la otra. Por lo tanto, la suma vectorial de éstas corrientes se incrementa en 3 veces la corriente  $I_{co}$ .



Puesta a tierra sistema flotante 2  
(General electric, 2022)

Cada que se presenta una falla en ésta configuración se genera un sobre voltaje que puede ser muchas veces mayor en magnitud que el nominal (6

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Código: PRG-SST-013
			Fecha de modificación:

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>109</b> de <b>201</b>	

a 8 veces) el cual es resultado de la resonancia entre la reactancia inductiva del sistema y la capacitancia distribuida a tierra. Éstos sobre voltajes pueden causar fallas en el aislamiento del sistema.

## 5.2. Puesta a Tierra Mediante Resistencia

Un sistema puesto a tierra mediante resistencia se define como aquel en el cual el neutro de un transformador o generador es conectado a tierra a través de una resistencia.

Las razones para limitar la corriente utilizando una resistencia son las siguientes:

Reducir los daños durante una falla de equipo eléctrico, como tableros, transformadores, motores, cable , etc..

Reducir los esfuerzos mecánicos en circuitos y aparatos que conducen corrientes de falla.

Reducir el riesgo de electrocución para el personal.

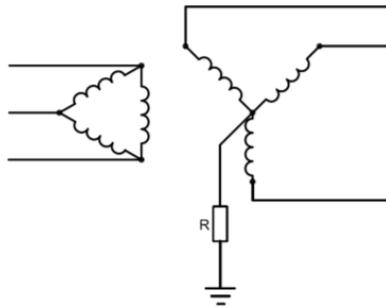
Reducir el riesgo de arco eléctrico para el personal que pudiera causar una falla accidentalmente o que se encuentre cerca de una de estas fallas.

Reducir la caída voltaje momentánea al ocurrir y liberar una falla a tierra. Asegurar voltajes transitorios mientras que al mismo tiempo se evita el paro de un circuito con falla en la primera aparición de una falla a tierra (Aterramiento por alta Impedancia).

La puesta a tierra mediante resistencia puede ser de 2 tipos Alta Resistencia o Baja Resistencia los cuales se distinguen por la cantidad de corriente que permiten que circule a tierra.

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>110</b> de <b>201</b>	



Sistema Puesto a Tierra  
Mediante Resistencia

Puesta a tierra Mediante resistencia  
(General electric, 2022)

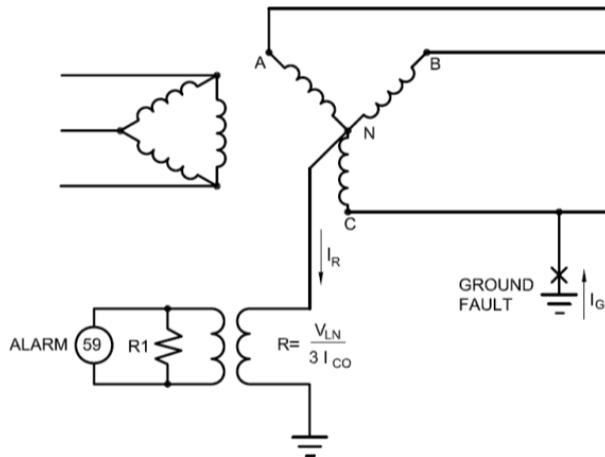
### 5.3. Puesta a Tierra por Alta Resistencia

Para éste método se utiliza una resistencia de neutro de alto valor óhmico. La resistencia es utilizada para limitar la corriente de falla a tierra ( $I_g$ ) y típicamente se limita a 10A o menos.

Cuando se tiene un sistema como éste, no se requiere una liberación inmediata de la falla ya que la corriente está limitada a un nivel muy bajo. Los dispositivos de protección asociados a un sistema de Alta Resistencia permiten al sistema seguir trabajando con la presencia de una falla a tierra y envían una alarma en lugar de disparar y abrir la protección asociada.

Un arreglo típico para detectar una falla a tierra en un sistema de Alta resistencia se muestra en la figura siguiente, en donde bajo operación normal el punto de neutro del transformador se encuentra con un potencial de cero, pero cuando una fase falla a tierra el voltaje en el neutro se eleva a casi el valor de línea a neutro y éste voltaje es detectado por un relevador para éste fin, el cual puede estar relacionado a una alarma visual y/o auditiva para que el personal de mantenimiento atienda, ubique y repare la falla.

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>



Esquema simple de detección de falla a tierra en un sistema de Alta Resistencia

Puesta a tierra por alta resistencia  
(General electric, 2022)

Las ventajas de utilizar éste sistema podrían ser las siguientes:

Continuidad del Servicio. La primera falla a tierra no requiere interrumpir el servicio.

Se reducen sobre-voltaje transitorios debidos a fallas recurrentes.

Un trazador de señal o sistema de pulsos facilita la ubicación de la falla.

Se elimina la necesidad de un sistema coordinado de relevadores de falla a tierra.

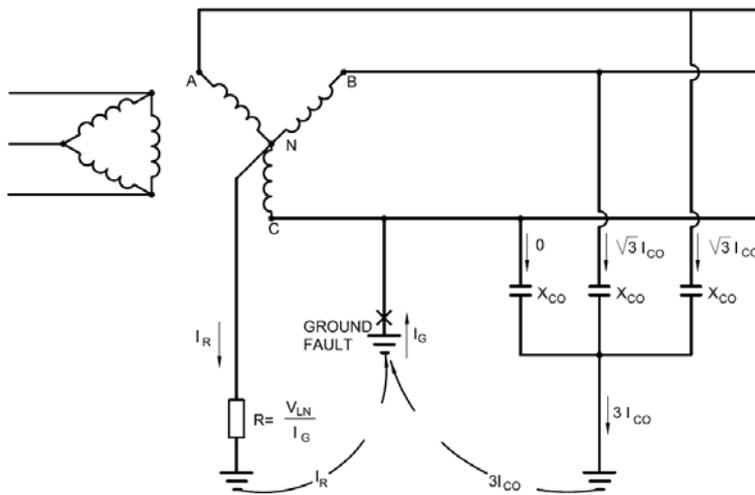
Típicamente éste sistema puede ser utilizado en sistemas de Baja Tensión en donde no se tienen cargas monofásicas, en Media Tensión donde se requiere la continuidad del servicio y la corriente capacitiva no es muy alta y en retrofits en donde se tenía previamente un sistema no aterrizado.

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Código: PRG-SST-013
			Fecha de modificación:

	Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo	
	NIVEL 4: PROGRAMAS N°:	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> SG-SST	
PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA	Fecha:	
	Versión:	001
	Página 112 de 201	

#### 5.4. Puesta a tierra por Baja Resistencia

En éste sistema se limita la corriente de falla a tierra a un valor entre 100A y 1000A, siendo el valor más común de 400A. El valor de ésta resistencia se calcula como  $R = V_{LN}/I_g$ , donde  $V_{LN}$  es el voltaje de línea a neutro del sistema y  $I_g$  corriente de falla a tierra deseada.



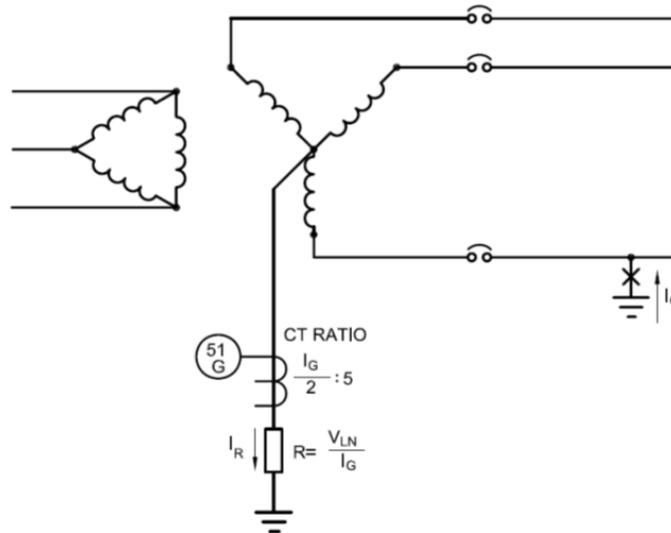
Sistema de Baja Resistencia

Puesta a tierra por baja resistencia  
(General electric, 2022)

Éste sistema tiene la ventaja de que facilita la liberación inmediata y de forma selectiva de la falla a tierra. El método utilizado para detectar ésta falla es el utilizar un relevador de sobre corriente 51G. Al presentarse una falla el voltaje en el neutro se eleva casi al voltaje de línea a neutro y comienza a fluir una corriente a través de la resistencia. Una vez que el relevador detecta la falla envía la señal de apertura al interruptor en baja tensión asociado.

El aterramiento a través de Baja Resistencia se utiliza en sistemas de media tensión de 15KV y menores, particularmente en donde se utilizan grandes máquinas rotativas y donde se busca reducir la falla a tierra a cientos de amperes en lugar de miles de amperes.

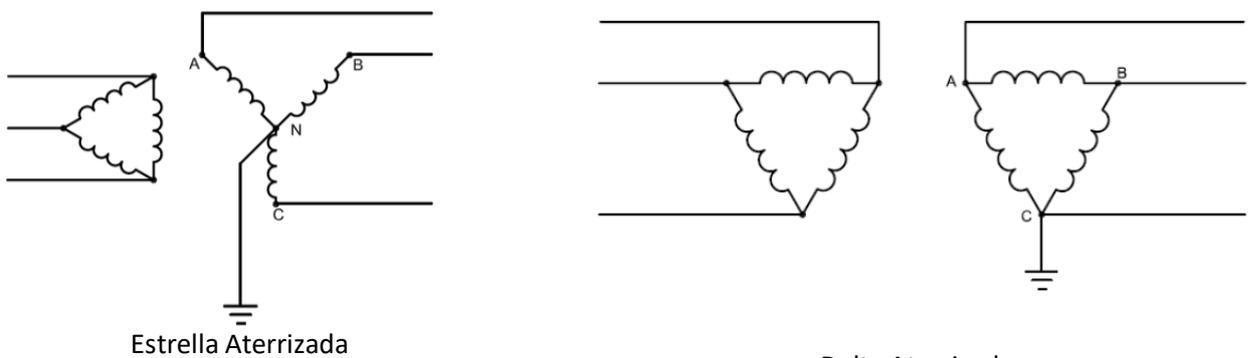
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Código: PRG-SST-013
			Fecha de modificación:



Puesta a tierra por baja resistencia 2  
(General electric, 2022)

### 5.5. Sólidamente puesto a Tierra

Sólidamente Puesto a Tierra se refiere a la conexión del neutro directamente a tierra.



Estrella Aterrizada

Delta Aterrizada

Sólidamente puesto a tierra  
(General electric, 2022)

Ésta configuración puede ser convenientemente protegida contra sobre

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Código: PRG-SST-013
			Fecha de modificación:

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>114</b> de <b>201</b>	

voltajes y fallas a tierra. Éste sistema permite flexibilidad ya que se pueden conectar cargas de línea a neutro.

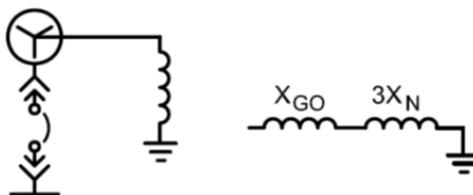
Cuando se utiliza ésta configuración en sistemas de 600V o más se tienen que utilizar relevadores de protección residuales o de secuencia cero. Los interruptores normalmente cuentan con transformadores de corriente que proveen la señal de cada una de las fases para el relevador de sobre corriente y el relevador de falla a tierra toma la señal de la estrella que se forma con los transformadores de corriente para incrementar la sensibilidad de fallas a tierra. Los métodos de detección como secuencia cero y residual serán analizados más adelante.

Una de las desventajas del sistema sólidamente puesto a tierra es que las magnitudes de falla a tierra que se alcanzan pudieran ser tan grandes que podrían destruir los equipos por completo. Sin embargo, si estas fallas se liberan rápidamente los daños a los equipos estarían dentro de niveles “aceptables”.

### 5.6. Puesta a Tierra mediante Reactancia

En esta configuración se instala un reactor entre el neutro y la tierra. Los niveles de corriente de falla a tierra al aterrizar a través de un reactor son considerablemente mayores a los niveles deseables en sistemas aterrizados por medio de resistencia, es por lo anterior que el aterrizar a través de un reactor comúnmente no se utiliza como una alternativa de puesta a tierra mediante baja resistencia.

El aterrizar a través de un reactor es una buena opción cuando lo que se busca es limitar la falla a tierra a niveles cercanos a la magnitud de fallas trifásicas. Normalmente ésta opción es más económica que el utilizar resistencias para la puesta a tierra.



Puesta a tierra mediante reactancia  
(General electric, 2022)

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA</b>		<b>Fecha:</b>
		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>115</b> de <b>201</b>

## 5.7. Puesta a Tierra Resonante

A ésta configuración también se le conoce como neutralizador de falla a tierra y básicamente consiste en el aterrizar el sistema a través de un reactor “sintonizado”(X1) de tal manera que entre en resonancia con la capacitancia distribuida del sistema ( $X_{co}$ ) de lo cual resulta una corriente de falla a tierra resistiva y de baja magnitud.

Ésta configuración no se utiliza comúnmente, pero puede ser aplicada a sistemas de transmisión de alta tensión o para generadores en subestaciones centrales. Si el sistema cambia de características, es decir, si se tienen frecuentes cambios de circuitos o reconfiguraciones el aterramiento resonante no es una opción ya que se tendría que re-sintonizar el reactor cada que exista una reconfiguración.

Las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas de aterramiento mencionados anteriormente son resumidos por la IEEE como se muestra a continuación:

	Ungrounded	Solid grounding	Reactance grounding		Ground-fault neutralizer	Resistance grounding	
			Low value reactor	High value reactor		Low resistance	High resistance
Current for phase-to-ground fault in percent of three-phase fault current	Less than 1%	Varies, may be 100% or greater	Usually designed to produce 25% to 100%	5% to 25%	Nearly zero fault current	20% and downward to 100 A to 1000 A	Less than 1% but not less than system charging current, $3I_{CO}$
Transient over-voltages	Very high	Not excessive	Not excessive	Not excessive	Not excessive	Not excessive	Not excessive
Surge arresters	Ungrounded-neutral type	Grounded-neutral type	Grounded-neutral type if current 60% or greater	Ungrounded-neutral type	Ungrounded-neutral type	Ungrounded-neutral type	Ungrounded-neutral type
Remarks	Not recommended due to overvoltages and non-segregation of fault	Generally used on systems (1) 600 V and below and (2) over 15 kV		Not used due to excessive overvoltages	Best suited for application in most medium-voltage industrial and commercial systems that are isolated from their electric utility system by transformers. <sup>3</sup>	Generally used on systems of 2.4 kV to 15 kV particularly where large rotating machines are connected.	Used on systems 600 V and below where service continuity is desired. <sup>3</sup>

<sup>3</sup>Caution should be applied in using this form of grounding with industrial generation (see IEEE Std 367™). Best suited for application in most medium-voltage industrial and commercial systems that are isolated from their electric utility system by transformers. Ideal for use on medium-voltage generators. Also occasionally found on mission-critical 2.4 kV or 4.16 kV industrial or commercial distribution systems.

### Parámetros de la puesta a tierra mediante reactancia (General electric, 2022)

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>116</b> de <b>201</b>	

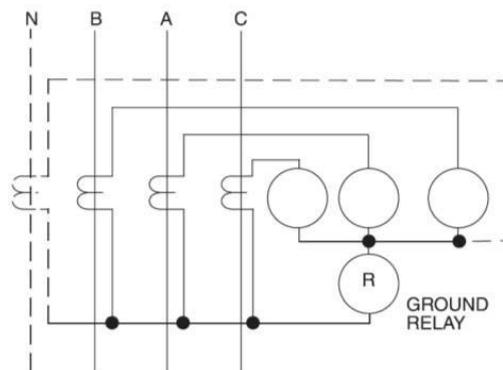
## 6. Métodos de Detección de Falla a Tierra.

El flujo de corriente de falla a tierra puede ser monitoreado de diferentes formas ya sea para monitorear la corriente que sale de la falla o la corriente que regresa al neutro de la fuente, ya sea un transformador o un generador. Cuando se monitorea la corriente que proviene de la falla todas las líneas del sistema son monitoreadas individualmente y cuando se monitorea el regreso de la falla a tierra solamente se monitorea el neutro.

A continuación se analizan 3 de métodos de monitoreo más comunes.

### 6.1. Protección Residual

La protección residual es comúnmente utilizada en sistemas de media tensión. Éste sistema consiste de la utilización de 3 transformadores de corriente interconectados los cuales envían una señal proporcional de la corriente de falla a tierra al relevador o dispositivo de protección para que actúe. Éste sistema no es utilizado a menudo en equipos de baja tensión, sin embargo están disponibles sistemas de baja tensión con 3 transformadores de corriente conectados de manera residual.



Protección residual  
(General electric, 2022)

En sistemas de 3fases 3hilos la resultante de la suma vectorial de las corrientes de fase es cero aún y cuando se presente una falla entre fases. Cuando una de las fases entra en contacto con tierra la corriente de corto circuito circula a través de tierra y no por la línea fallada lo que produce un desbalance en el circuito generando una corriente residual que es

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>SG-SST</b>
<b>PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b> 001	
	Página <b>117</b> de <b>201</b>	

detectada por el dispositivo de protección.

Cuando se tienen sistemas de 3 fases 4 hilos en donde se alimentan cargas monofásicas, se debe agregar un cuarto transformador de corriente para monitorear la corriente consumida por dichas cargas monofásicas así como las corrientes armónicas de secuencia cero producidas por cargas no lineales monofásicas como iluminación fluorescente. Si no se colocara dicho transformador de corriente el dispositivo de protección interpretaría el desbalance entre fases como una falla a tierra y abriría el circuito.

La selectividad del esquema de protección residual depende de la relación de transformación de los TCs el cual debe ser de la capacidad suficiente para las cargas normales del circuito. En este sistema no se utilizan disparos instantáneos debido a que durante el arranque de algunas cargas como motores se puede generar algún desbalance “normal” entre fases el cual generaría un disparo del dispositivo de protección.

Si se requiera mayor selectividad se debe utilizar el esquema de Núcleo Balanceado.

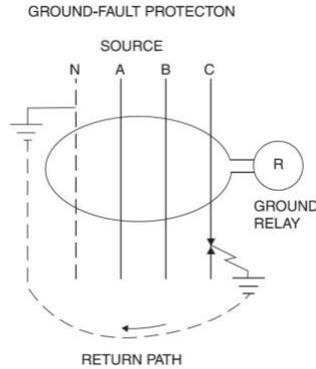
## **6.2. Protección Núcleo Balanceado (Sensor de Secuencia Cero).**

El método de Núcleo balanceado se basa en la sumatoria vectorial de flujos. En éste método se utiliza solamente un transformador de corriente el cual monitorea las tres fases del sistema (y el neutro si existe) al mismo tiempo. A diferencia del método residual el transformador de corriente es de menor capacidad de amperaje ya solamente monitorea un posible desbalance y no la corriente de carga de cada línea esto ayuda a que se puede tener una mejor selectividad.

En condiciones de operación normal (balanceado, desbalanceado, cargas monofásicas o cortos circuitos entre fases) la suma vectorial de las corrientes que circulan a través del TC es cero. Cuando se presenta una falla a tierra la corriente circula a través de conductor de tierra y genera un desbalance en la salida del TC lo que genera la operación del dispositivo de protección.

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

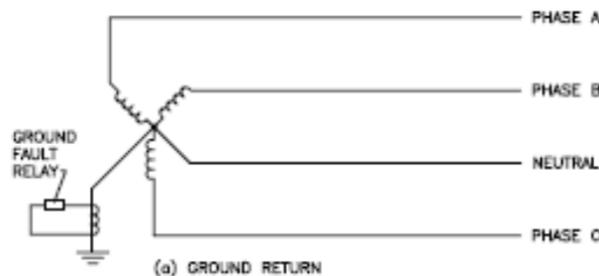
	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	<b>PRG-SST-012</b>
<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>		<b>Fecha:</b>
<b>PROGRAMA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA</b>		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>118</b> de <b>201</b>



Protección núcleo balanceado  
(General electric, 2022)

### 6.3. Protección de Regreso a Tierra.

El colocar un transformador de corriente en el neutro aterrizado con un relevador de protección asociado, provee un método de detección de bajo costo. Debido a que solamente se monitoreara la corriente de falla a tierra el ajuste puede ser colocado a valores de corriente muy bajos.



(a) GROUND RETURN  
Protección de regreso a tierra  
(General electric, 2022)

En sistemas aterrizados por baja resistencia en 5 y 15KV se utiliza frecuentemente éste método donde las corrientes de falla a tierra son relativamente bajas.

También se utiliza en sistemas sólidamente aterrizados de 480V, 3 fases 3 hilos o 3 fases 4 hilos. Para proveer una protección adecuada, el relevador debe ser cableado para disparar el interruptor principal del secundario y establecer un retraso de tiempo para permitir que el interruptor dispare y si una vez que el interruptor abrió se mantiene la falla a tierra se debe enviar una señal para que la protección del lado primario opere.

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

**ANEXO VIII**  
**PROGRAMA DE PREVENCIÓN DEL RIESGO ELÉCTRICO**

	Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo	
	NIVEL 4: PROGRAMAS N°:	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/>	SG-SST
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO	Fecha:	
	Versión:	001
	Página 120 de 201	

# PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELÉCTRICO



## 1. OBJETO

Este documento pretende establecer los criterios para un programa de prevención de riesgo eléctrico, que debe cumplir la organización **EEASA**, en todas las instalaciones eléctricas, buscando brindar seguridad a los trabajadores y personas en general. Se deberán tener en cuenta los criterios establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (**RETIE 2013**), Efectos de la Corriente sobre los Seres Humanos y los Animales Domésticos (**NTC 4120**).

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Código: PRG-SST-013
			Fecha de modificación:

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b>
		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>121</b> de <b>201</b>

El objeto fundamental de este programa es establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones civiles, mecánicas y fabricación de equipos.

## 2. ALCANCE

Este programa es aplicable a todos los procesos, servicios y/o actividades que desarrolle la **EEASA** en instalaciones eléctricas, con el objetivo de realizar un plan de evaluación de riesgos eléctricos para brindar la seguridad de las personas que interactúan o están cerca de instalaciones eléctricas.

## 3. GENERALIDADES Y DEFINICIONES

La **EEASA**, deberá adoptar las medidas necesarias para que de la utilización o presencia de la energía eléctrica en los lugares de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo.

En función de ello las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo se utilizarán y mantendrán en la forma adecuada y el funcionamiento de los sistemas de protección se controlará periódicamente, de acuerdo a las normas técnicas establecidas.

Con ese objetivo de seguridad, la **EEASA**, deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuada sobre el riesgo eléctrico, así como las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.

Para tener una mejor comprensión de lo escrito en este programa de prevención de riesgo eléctrico se describen a continuación algunas definiciones básicas:

**3.1. Acometida:** Derivación de la red local del servicio respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general. En aquellos casos en que el dispositivo de corte esté aguas arriba del medidor, para los efectos del presente reglamento, se entenderá la acometida como el conjunto de conductores y

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b>
		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>122</b> de <b>201</b>

accesorios entre el punto de conexión eléctrico al sistema de uso general (STN, STR o SDL) y los bornes de salida del equipo de medición.

**3.2. Circuito eléctrico:** Lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobre corrientes. No se toman los cableados internos de equipos como circuitos. Pueden ser de modo diferencial (por conductores activos) o de modo común (por conductores activos y de tierra).

**3.3. Conductor activo:** Aquella parte destinada, en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a una tensión en servicio normal.

**3.4. Conductor energizado:** Todo aquel que no está conectado a tierra.

**3.5. Conductor neutro:** Conductor activo conectado intencionalmente al punto neutro de un transformador o instalación y que contribuye a cerrar un circuito de corriente.

**3.6. Conductor a tierra:** También llamado conductor del electrodo de puesta a tierra, es aquel que conecta un sistema o circuito eléctrico intencionalmente a una puesta a tierra.

**3.7. Contacto eléctrico:** Es la acción de cerrar un circuito eléctrico al unirse dos elementos.

**3.8. Contacto eléctrico directo:** Al contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica.

**3.9. Contacto eléctrico indirecto:** Es un contacto de personas o animales puestos accidentalmente en tensión o un contacto con cualquier parte activa a través de un medio conductor.

**3.10. Corriente eléctrica:** Es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro.

**3.11. Corriente de contacto:** Corriente que circula a través del cuerpo humano, cuando está sometido a una tensión de contacto.

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>SG-SST</b>
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>123</b> de <b>201</b>	

**3.12. Cortocircuito:** Unión de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial del mismo circuito.

**3.13. Cuarto eléctrico:** Recinto o espacio en un edificio dedicado exclusivamente a los equipos y dispositivos eléctricos, tales como transformadores, celdas, tableros, UPS, protecciones, medidores, canalizaciones y medios para sistemas de control entre otros. Algunos edificios por su tamaño deben tener un cuarto eléctrico principal y otros auxiliares.

**3.14. Distancia de seguridad:** Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

**3.15. Distribución de energía eléctrica:** Transferencia de energía eléctrica a los consumidores, dentro de un área específica.

**3.16. Electricidad:** El conjunto de disciplinas que estudian los fenómenos eléctricos o una forma de energía obtenida del producto de la potencia eléctrica consumida por el tiempo de servicio.

**3.17. Electricidad estática:** Una forma de energía eléctrica o el estudio de cargas eléctricas en reposo.

**3.18. Electrocuición:** Paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano, cuya consecuencia es la muerte.

**3.19. Factor de riesgo:** Condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional.

**3.20. Fuente de energía:** Todo equipo o sistema que suministre energía eléctrica.

**3.21. Instalación eléctrica:** El conjunto de los materiales y equipos de un lugar de trabajo mediante que se genera, convierte, transforma, transporta, distribuye o utiliza la energía eléctrica; incluyen las baterías, los condensadores y cualquier otro equipo que almacene energía eléctrica.

**3.22. Línea muerta:** Término aplicado a una línea sin tensión o des energizada.

**3.23. Línea viva:** Término aplicado a una línea con tensión o línea energizada.

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>SG-SST</b>
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>124</b> de <b>201</b>	

**3.24. Lugar de trabajo:** cualquier lugar al que el trabajador pueda acceder, en razón de su trabajo.

**3.25. Maniobra:** intervención concebida para cambiar el estado eléctrico de una instalación eléctrica, no implicando montaje ni desmontaje de elemento alguno.

**3.26. Mediciones, ensayos y verificaciones:** actividades concebidas para comprobar el cumplimiento de las especificaciones o condiciones técnicas y de seguridad necesarias para el adecuado funcionamiento de una instalación eléctrica, incluyéndose las dirigidas a comprobar su estado eléctrico, mecánico o térmico, eficacia de protecciones, circuitos de seguridad o maniobra, etc.

**3.27. Persona calificada;** Persona natural que demuestre su formación (capacitación y entrenamiento) en el conocimiento de la electrotecnia y los riesgos asociados a la electricidad.

**3.28. Persona habilitada:** Profesional competente, autorizado por el propietario o tenedor de la instalación, para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su conocimiento y no presente incapacidades físicas o mentales que pongan en riesgo su salud o la de terceros.

**3.29. Plano eléctrico:** Representación gráfica de las características de diseño y las especificaciones para construcción o montaje de equipos y obras eléctricas.

**3.30. Procedimiento de trabajo:** Secuencia de las operaciones a desarrollar para realizar indeterminado trabajo, con inclusión de los medios materiales (de trabajo o de protección) y humanos (cualificación o formación del personal) necesarios para llevarlo a cabo.

**3.31. Red de distribución:** Conjunto de circuitos y subestaciones, con sus equipos asociados, destinados al servicio de los usuarios de un municipio.

**3.32. Red de transmisión:** Conjunto de líneas de alta y extra alta tensión con sus equipos asociados, incluyendo las interconexiones internacionales.

**3.33. Reglamento técnico:** Documento en el que se establecen las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables y cuya observancia es obligatoria.

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b>
		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>125</b> de <b>201</b>

**3.34. Riesgo eléctrico:** Es el originado por la energía eléctrica. Dentro de este tipo de riesgo se incluyen los siguientes:

- ✚ Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- ✚ Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- ✚ Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- ✚ Incendios o explosiones originados por la electricidad.

**3.36. Sistema de puesta a tierra (SPT):** Conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.

**3.37. Sobrecarga:** Funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal.

**3.38. Sobretensión:** Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

**3.39. Tablero:** Encerramiento metálico o no metálico donde se alojan elementos tales como aparatos de corte, control, medición, dispositivos de protección, barrajes, para efectos de este reglamento es equivalente a panel, armario o cuadro.

**3.40. Trabajador autorizado:** Trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta, según los procedimientos establecidos en esta norma.

**3.41. Trabajador calificado:** Trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada.

**3.42. Trabajo en proximidad:** Trabajo durante el cual el trabajador entra, o puede entrar, en la zona de proximidad, sin entrar en la zona de peligro, bien sea con una

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b>
		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>126</b> de <b>201</b>

parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula.

**3.43. Trabajo en tensión:** Trabajo durante el cual un trabajador entra en contacto con elementos intensión, o entra en la zona de trabajo, bien sea con una parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula. No se consideran como trabajos en tensión las maniobras y las mediciones, ensayos y verificaciones definidas a continuación.

**3.44. Zona de peligro o zona de trabajos en tensión:** Espacio alrededor de los elementos en tensión en el que la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que se produzca un arco eléctrico, o un contacto directo con el elemento en tensión, teniendo en cuenta los gestos o movimientos normales que puede efectuar el trabajador sin desplazarse.

**3.45. Zona de proximidad:** Espacio delimitado alrededor de la zona de peligro, desde la que el trabajador puede invadir accidentalmente esta última. Si no se interpone una barrera física que garantice la protección frente al riesgo eléctrico, la distancia desde el elemento en tensión al límite exterior de esta zona será la indicada en la tabla 1.

**Tabla AVIII.1.** Distancias límites de la zona de trabajo

Voltaje (kV)	DPEL1 (cm)	DPEL2 (cm)	DPRX1 (cm)	DPRX2 (cm)
Menor o igual 1	50	50	70	300
7.62	63	53	113	300
13.2	66	56	116	300
44	98	73	148	300
110	160	100	210	500
220	260	160	410	500

(Retie, 2013)

- ✚ **DPEL1**=distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista riesgo de sobretensión por rayo.
- ✚ **DPEL2** = distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo.
- ✚ **DPRX1** =distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo.

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>127</b> de <b>201</b>	

- ✚ **DPRX2**=distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo.

Las distancias para valores de tensión intermedios se calcularán por interpolación lineal.

#### 4. RESPONSABLES

##### 4.1. Responsable por el mantenimiento y control de este programa:

Responsable del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.  
Ingeniero Eléctrico

##### 4.2. Responsable Por La Ejecución De Este Programa:

Responsable del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

#### 5. DOCUMENTOS RELACIONADOS

#### 6. DESCRIPCIÓN

La **EEASA** deberá adoptar un Plan de Prevención y Protección de Riesgo Eléctrico, tomando las medidas necesarias para que de la utilización o presencia de la energía eléctrica en los lugares de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo. La adopción de estas medidas deberá basarse en la evaluación de los riesgos contemplada en la Leyden Prevención de Riesgos Laborales.

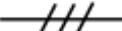
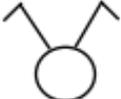
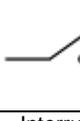
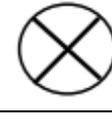
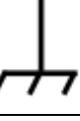
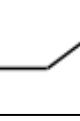
##### 6.1. Símbolos Eléctricos

Dentro del presente programa, es de obligatorio cumplimiento la aplicación de los gráficos contemplados en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE 2013), los cuales guardan mayor relación con la seguridad eléctrica, los cuales son

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b>
		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>128</b> de <b>201</b>

descritos en las siguientes ilustraciones:

				
Caja de empalme	Corriente continua	Conductores de fase	Conductor neutro	Conductor de puesta en tierra
				
Conmutador unipolar	Contacto de corte	Contacto con disparo automático	Contacto sin disparo automático	Contacto operado manualmente
				
Descargador de sobretensiones	Descargador automático de incendio	Dispositivo de protección contra tensiones DPS	DPS tipo varistor	Doble aislamiento
				
Empalme	Equipotencialidad	Extintor para equipo eléctrico	Fusible	Generador
				
Interruptor, símbolo general	Interruptor automático en aire	Interruptor bipolar	Interruptor con luz piloto	Interruptor unipolar con tiempo de cierre
				
Interruptor diferencial	Interruptor unipolar dos vías	Interruptor seccionador para AT	Interruptor termomagnético	Lámpara
				
Masa	Parada de emergencia	Seccionador	Tablero general	Tablero de distribución

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b>
		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>129</b> de <b>201</b>

				
Tierra	Tierra de protección	Tierra aislada	Tomacorriente, símbolo general	Tomacorriente en el piso
				
Tomacorriente monofásico	Tomacorriente trifásico	Transformador símbolo general	Transformador aislamiento	Transformador de seguridad

Símbolos eléctricos  
(Retie, 2013)

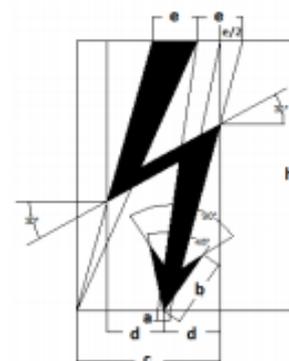
Cuando por razones técnicas, las instalaciones no puedan acogerse a estos símbolos, se debe justificar mediante documento escrito firmado por el profesional que conforme a la ley es responsable del diseño. Dicho documento debe acompañar el dictamen de inspección que repose en la instalación.

## 6.2. Símbolo De Riesgo Eléctrico

Donde se precise el símbolo de riesgo eléctrico en señalización de seguridad, se deben conservar las proporciones de las dimensiones, según la siguiente tabla adoptada de la IEC 60417-1. Se podrán aceptar tolerancias de  $\pm 10\%$  de los valores señalados.

h	a	b	c	d	e
25	1	6,25	12,75	5	4
50	2	12,5	25,5	10	8
75	3	18,75	38,25	15	12
100	4	25	51	20	16
125	5	31	64	25	20
150	6	37,5	76,5	30	24
175	7	43,75	89,25	35	28
200	8	50	102	40	32

Proporciones en las dimensiones del símbolo de riesgo eléctrico



Símbolo de riesgo eléctrico

Tabla de tolerancias y símbolo de riesgo eléctrico  
(IEC 60417-1, 2022)

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Código: PRG-SST-013
			Fecha de modificación:

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b>
		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>130</b> de <b>201</b>

### 6.3. Señalización De Seguridad

Las señales de seguridad según su tipo se clasifican en: De advertencia o precaución, de prohibición, de obligación, de información y de salvamento o socorro; estas deben aplicar las formas geométricas y los colores de la siguiente tabla:

**Tabla AVIII.2.** Señales de seguridad

Tipo de señal de seguridad	Forma Geométrica	Color			
		Pictograma	Fondo	Borde	Banda
Advertencia o precaución	Triangular	Negro	Amarillo	Negro	-
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco o	-
				Azul	
Información contra incendios	Rectangular o cuadrada	Blanco	Rojo	-	-
Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o	-
				Verde	

(IEC 60417-1, 2022)

Las dimensiones de la señales deben permitir ver y captar el mensaje a distancias razonables del elemento o área sujeta al riesgo; para compensar las diferencias entre las áreas triangular, redonda, rectangular o cuadrada y para asegurar que todos los símbolos parezcan relativamente iguales en tamaño, cuando se divisen a cierta distancia, se deben manejar las siguientes proporciones:

- Base del triángulo equilátero: 100%
- Diámetro del círculo: 80%
- Altura del cuadrado o del rectángulo: 75%
- Ancho del rectángulo: 120%

### 6.4. Código De Colores Para Conductores

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b>
		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>131</b> de <b>201</b>

Con el objeto de evitar accidentes por errónea interpretación del nivel de tensión y tipo de sistema utilizado, se debe cumplir el código de colores para conductores aislados de potencia, establecido en las siguientes tablas, según corresponda. Se tomará como válido para determinar este requisito el color propio del acabado exterior del conductor o una marcación clara en las partes visibles, con pintura, con cinta o rótulos adhesivos del color respectivo. Este requisito igualmente aplica a conductores desnudos, que actúen como barrajes en instalaciones interiores y no para los conductores utilizados en instalaciones a la intemperie diferentes a la acometida.

#### 6.4.1. Código De Colores Para Conductores Corriente Alterna

**Tabla AVIII.3.** Código de colores para conductores corriente alterna

Sistema c.a.	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ	3ΦY
<b>Tensión nominal (voltios)</b>	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/277	480-440	Más de 1000 v	Más de 1000v
<b>Conductor activo</b>	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases	3 fases
<b>Fase</b>	Color fase o negro	Color fase 0 1 Negro	Amarillo o Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo	Amarillo o Violeta Rojo
<b>Neutro</b>	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Tierra de protección</b>	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	No aplica
<b>Tierra aislada</b>	Verde o Verde/Amarillo	Verde o Verde/Amarillo	Verde o Verde/Amarillo	No aplica	Verde o Verde/Amarillo	Verde o Verde/Amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

(Retie, 2013)

#### 6.4.2. Tabla De Colores Para Conductores De Corriente Continua

**Tabla AVIII.4.** Colores para conductores de corriente alterna

Sistema c.c.	TN-S	TN-S	TN-C	TN-C	T-T	T-T
<b>Tensión nominal (voltios)</b>	Hasta 125					
<b>Conductor positivo</b>	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICICO</b>		<b>Fecha:</b>
		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>132</b> de <b>201</b>

<b>Conductor negativo</b>	Blanco	Azul	Blanco	Azul	Blanco	Azul
<b>Conductor medio</b>	No aplica	Blanco	No aplica	Blanco	No aplica	Blanco
<b>Tierra de protección</b>	Verde o Verde/ Amarillo	Verde o Verde/ Amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

(Retie, 2013)

En sistemas con tensión superior a 380 V, adicional a los colores, debe fijarse en los tableros y en puntos accesibles de conductores, una leyenda con el aviso del nivel de tensión respectivo.

En circuitos monofásicos derivados de sistemas trifásicos, el conductor de la fase debe ser marcado de color asignado a la fase en el sistema trifásico donde se derive. Igual tratamiento debe darse a sistemas monofásicos derivados de 2 fases. Si la acometida es monofásica derivada de sistema trifásico, una fase también podrá identificarse con negro.

En todos los casos el neutro debe ser de color blanco o marcado con blanco en todas las partes visibles y la tierra de protección color verde o marcada con franja verde. **No se debe utilizar el blanco ni el verde para las fases.**

Los tableros procedentes del exterior para uso, también deben marcarse según los colores establecidos en el **RETIE**.

En sistemas de medida, el cableado de los transformadores tanto de potencial como de corriente, la conexión debe respetar el color de la fase asociada.

### 6.5. Análisis De Riesgos De Origen Eléctrico

En general la utilización y dependencia tanto industrial como doméstica de la energía eléctrica ha traído consigo la aparición de accidentes por contacto con elementos energizados o incendios, los cuales se han incrementado por el aumento del número de instalaciones, principalmente en la distribución y uso final de la electricidad. Esta parte del programa tiene como principal objetivo crear conciencia sobre los riesgos existentes en todo lugar donde se haga uso de la electricidad o se tengan elementos energizados.

El resultado final del paso de una corriente eléctrica por el cuerpo humano puede predecirse con un gran porcentaje de certeza, si se toman ciertas condiciones de riesgo conocidas y se evalúa en qué medida influyen todos los factores que se conjugan en un

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>SG-SST</b>
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>133</b> de <b>201</b>	

accidente de tipo eléctrico. Por tal razón el personal que intervenga en una instalación, en función de las características de la actividad, proceso o situación, debe aplicar las medidas necesarias para que no se potencialice un riesgo de origen eléctrico.

### 6.5.1. Electro patología

Esta disciplina estudia los efectos de corriente eléctrica, potencialmente peligrosa, que puede producir lesiones en el organismo, así como el tipo de accidentes que causa. Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo humano pueden ocasionar desde una simple molestia hasta la muerte, dependiendo del tipo de contacto; sin embargo, debe tenerse en cuenta que en general la muerte no es súbita.

Los accidentes con origen eléctrico pueden ser producidos por: contactos directos (bipolar o fase- fase, fase-neutro, fase-tierra), contactos indirectos (inducción, contacto con masa energizada, tensión de paso, tensión de contacto, tensión transferida), impactos de rayo, fulguración, explosión, incendio, sobrecorriente y sobretensiones.

Los seres humanos expuestos a riesgo eléctrico, se clasifican en individuos tipo "A" y tipo "B". El tipo "A" es toda persona que lleva conductores eléctricos que terminan en el corazón en procesos invasivos; para este tipo de paciente, se considera que la corriente máxima segura es de 80  $\mu$ A. El individuo tipo "B" es aquel que está en contacto con equipos eléctricos y que no lleva conductores directos al corazón.

<b>ENERGÍA ESPECÍFICA F.L. (A<sup>2</sup>s x 10<sup>6</sup>)</b>	<b>PERCEPCIONES Y REACCIONES FISIOLÓGICAS.</b>
4 a 8	Sensaciones leves en dedos y en tendones de los pies.
10 a 30	Rigidez muscular suave en dedos, muñecas y codos.
15 a 45	Rigidez muscular en dedos, muñecas, codos y hombros. Sensación en las piernas.
40 a 80	Rigidez muscular y dolor en brazos y piernas.
70 a 120	Rigidez muscular, dolor y ardor en brazos, hombros y piernas.

#### **Relación entre energía específica y efectos fisiológicos**

Relación entre energía específica y efectos fisiológicos  
(Retie, 2013)

### 6.5.2. Evaluación Del Nivel De Riesgo

Para los efectos del presente programa, se entenderá que una instalación eléctrica es de **PELIGRO INMINENTE** o de **ALTO RIESGO**, cuando carezca de las medidas de protección frente a condiciones donde se comprometa la salud o la vida de personas, tales como: ausencia de la electricidad, arco eléctrico, contacto directo e indirecto con

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b> <b>Versión:</b> 001 Página <b>134</b> de <b>201</b>

partes energizadas, rayos, sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos, tensiones de paso, contacto y transferidas que excedan límites permitidos.

#### 6.5.2.1. Matriz de análisis de riesgos

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico, se puede aplicar la **Matriz de análisis de riesgos**, para la toma de decisiones. La metodología a seguir en un caso en particular, es la siguiente:

- a. Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
- b. Definir si el riesgo es potencial o real.
- c. Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que analiza.
- d. Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): esa será la valoración del riesgo para cada clase.
- e. Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas.
- f. Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
- g. Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la **Tabla de Decisiones y Acciones para Controlar el Riesgo**.

#### 6.5.2.2. Criterios para determinar alto riesgo.

Para determinar la existencia de alto riesgo, la situación debe ser evaluada por un profesional competente y basarse en los siguientes criterios:

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>135</b> de <b>201</b>	

- a. Que existan condiciones peligrosas, plenamente identificables, especialmente carencia de medidas preventivas específicas contra los factores de riesgo eléctrico; equipos, productos o conexiones defectuosas; insuficiente capacidad para la carga de la instalación eléctrica; violación de distancias de seguridad; materiales combustibles o explosivos en lugares donde se pueda presentar arco eléctrico; presencia de lluvia, tormentas eléctricas y contaminación.
- b. Que el peligro tenga un carácter inminente, es decir, que existan indicios racionales de que la exposición al factor de riesgo conlleve a que se produzca el accidente. Esto significa que la muerte o una lesión física grave, un incendio o una explosión, puede ocurrir antes de que se haga un estudio a fondo del problema, para tomar las medidas preventivas.
- c. Que la gravedad sea máxima, es decir, que haya gran probabilidad de muerte, lesión física grave, incendio o explosión, que conlleve a que una parte del cuerpo o todo, pueda ser lesionada de tal manera que se inutilice o quede limitado su uso en forma permanente o que se destruyan bienes importantes de la instalación o de su entorno.
- d. Que existan antecedentes comparables, el evaluador del riesgo debe referenciar al menos un antecedente ocurrido con condiciones similares.

### 6.5.3. Factores De Riesgo Eléctricos Más Comunes

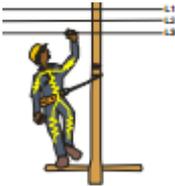
Por regla general, todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo y ante la imposibilidad de controlarlos todos en forma permanente, se seleccionaron algunos factores, que al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes.

El tratamiento preventivo de la problemática del riesgo de origen eléctrico, obliga a saber identificar y valorar las situaciones irregulares, antes de que suceda algún accidente. Por ello, es necesario conocer claramente el concepto de riesgo; a partir de ese conocimiento, del análisis de los factores que intervienen y de las circunstancias particulares, se tendrán criterios objetivos que permitan detectar la situación de riesgo y valorar su grado de peligrosidad. Identificado el riesgo, se han de seleccionar las medidas preventivas aplicables.

En la siguiente tabla se ilustran algunos de los factores de riesgo eléctrico más comunes:

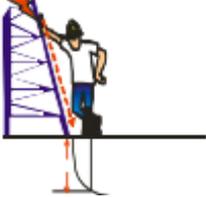
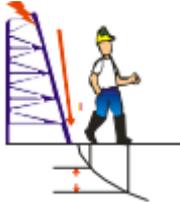
<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b> <b>Versión:</b> 001 Página <b>136</b> de <b>201</b>

	<p style="text-align: center;"><b>ARCOS ELÉCTRICOS</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o articulaciones conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática</p>
	<p style="text-align: center;"><b>CONTACTO DIRECTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento</p>
	<p style="text-align: center;"><b>CONTACTO INDIRECTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>CORTOCIRCUITO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>

<b>Elaboró:</b>  	<b>Revisó:</b>  	<b>Aprobó:</b>  	<b>Código:</b> PRG-SST-013  <b>Fecha de modificación:</b>
-------------------------	------------------------	------------------------	---

	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b> <b>Versión:</b> 001 Página <b>137</b> de <b>201</b>

	<p style="text-align: center;"><b>ELECTRICIDAD ESTÁTICA</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>EQUIPO DFECTUOSO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>RAYOS</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>SOBRECARGA</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>TENSIÓN DE CONTACTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>TENSIÓN DE PASO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>

<b>Elaboró:</b>  	<b>Revisó:</b>  	<b>Aprobó:</b>  	<b>Código:</b> PRG-SST-013  <b>Fecha de modificación:</b>
-------------------------	------------------------	------------------------	---

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>138</b> de <b>201</b>	

Medidas a tomar en situaciones de alto riesgo  
(Retie, 2013)

#### 6.5.4. Medidas A Tomar En Situaciones De Alto Riesgo

En circunstancias que se evidencie **ALTO RIESGO** o **PELIGRO INMINENTE** para las personas, se debe interrumpir el funcionamiento de la instalación eléctrica, excepto cuando la interrupción conlleve a un riesgo mayor; caso en el cual se deben tomar otras medidas de seguridad, tendientes a minimizar el riesgo.

En estas situaciones, la persona calificada que tenga conocimiento del hecho, debe informar y solicitar a la autoridad competente que se adopten medidas provisionales que mitiguen el riesgo, dándole el apoyo técnico que esté a su alcance; la autoridad que haya recibido el reporte debe comunicarse en el menor tiempo posible con el responsable de la operación de la instalación eléctrica, para que realice los ajustes requeridos y lleve la instalación a las condiciones reglamentarias; de no realizarse dichos ajustes, se debe informar inmediatamente al organismo de control y vigilancia, quien tomará la medidas pertinentes.

#### 6.5.5. Notificación De Accidentes

En los casos de accidentes de origen eléctrico con o sin interrupción del servicio de energía eléctrica, que tengan como consecuencia la muerte, lesiones graves de personas o afectación grave de inmuebles por incendio o explosión, la persona que tenga conocimiento del hecho debe comunicarlo en el menor tiempo posible a la autoridad competente o a la empresa prestadora del servicio.

Las empresas responsables de la prestación del servicio público de energía eléctrica, deben dar cumplimiento a lo establecido en el inciso d) expedida por el Ministerio de la Protección Social, en lo referente al deber de investigar y reportar cualquier accidente o incidente ocurrido con su personal directo o de contratistas en sus redes eléctricas.

#### 6.6. Requisitos Específicos Para Instalaciones Provisionales

Para efectos de cumplimiento del **RETIE** y de este **Programa de Prevención de Riesgo Eléctrico**, se entenderá como instalación provisional aquella que se construye para suministrar el servicio de energía a un proyecto en construcción, con un tiempo de vigencia hasta la energización definitiva, la terminación de la construcción, montajes de

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>139</b> de <b>201</b>	

equipos y demoliciones.

La instalación provisional debe cumplir con lo especificado en la sección 305 del Código Eléctrico (**NTC 2050** Primera Actualización) y con los siguientes requisitos:

- a. Debe tener un tablero o sistema de distribución provisional con protección de falla a tierra, excepto para los equipos que no lo permitan porque la protección diferencial puede causar mayor riesgo.
- b. El servicio de energía a instalaciones provisionales debe estar condicionado a que un profesional competente presente un procedimiento escrito de control de los riesgos eléctricos de esta instalación y se responsabilice del cumplimiento del mismo directamente o en cabeza de otro profesional competente. El procedimiento, así como el nombre y número de matrícula profesional del responsable, debe estar a disposición del Operador de Red y de cualquier autoridad competente.
- c. Por su carácter transitorio y las continuas modificaciones que presentan este tipo de instalaciones, no se requiere la certificación, la cual se reemplaza por el documento del procedimiento establecido para el control de la misma, suscrito por el personal competente responsable del cumplimiento, durante el tiempo de existencia de este tipo de instalación.
- d. En ningún caso la instalación provisional se debe dejar como definitiva.

#### **6.7. Requisitos Generales Para Las Instalaciones De Uso Final**

En las instalaciones de uso final de la electricidad se deben adoptar las medidas de seguridad, tanto para la protección de los usuarios como de las redes y los bienes conexos a estas, las cuales deben ser especificadas según las características eléctricas de los aparatos receptores.

El alto número de incendios ocasionados por deficiencias en la instalación, en especial lo relacionado con dimensionamiento de conductores y protecciones, malas conexiones, daños de aislamiento de conductores y empalmes, uso de equipos, aparatos y materiales inapropiados, uso de lámparas y luminarias sin espacio para evacuación del calor; obliga a dar estricto cumplimiento a las normas de construcción de la instalación y atender los lineamientos de otros reglamentos técnicos, como el de Iluminación y Alumbrado Público.

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>140</b> de <b>201</b>	

Como requisitos generales para las instalaciones de uso final están:

a. **APLICACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS.** La **NTC 2050** Primera Actualización (Código Eléctrico), del 25 de noviembre de 1998, basada en la norma técnica NFPA 70 versión 1996, encaja dentro del enfoque que debe tener un reglamento técnico y considerando que tiene plena aplicación en las instalaciones para la utilización de la energía eléctrica, incluyendo las de edificaciones utilizadas por empresas prestadoras del servicio de electricidad, se declaran de obligatorio cumplimiento los primeros siete capítulos.

b. **RÉGIMEN DE CONEXIÓN A TIERRA (RCT).** Los regímenes de conexión a tierra (**RTC**), también llamados “regímenes de neutro”, tienen una clasificación acordada internacionalmente para sistemas eléctricos de baja tensión, los cuales se consideran equivalentes en cuanto a seguridad de personas frente a contactos indirectos, cada uno tiene sus ventajas. Los más universales son TN y TT, cuyo código de letras es aceptado en las normas internacionales.

Salvo las excepciones establecidas en el **RETIE** y la **NTC 2050**, en la red de baja tensión para servicio domiciliario o similar, sólo se aceptan como regímenes de conexión a tierra, los de conexión sólida (TN-C-S o TN-S) o los de impedancia limitadora TN.

c. **ACOMETIDAS.** La acometida de una instalación eléctrica de uso final, debe cumplir los requisitos de construcción definidos en la sección 230 de la NTC 2050, su dimensionamiento debe tener en cuenta la sección 220. En el evento que la instalación se diseñe y construya bajo parámetros de IEC, la acometida debe cumplir los requisitos de dicha norma.

d. **PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE USO FINAL.** Todas las instalaciones para uso final de la electricidad, deben contar con elementos y medidas de protección para impedir los efectos de las sobre corrientes y sobretensiones, resguardar a los usuarios de los contactos directos a partes energizadas y anular los efectos de los contactos indirectos. Igualmente, debe contar con las protecciones para evitar daños en la instalación o en el medio que la rodea.

En toda instalación de uso final, el conductor neutro y el conductor de puesta a tierra deben ir independientes entre sí y deben conectarse con un puente equipotencial principal en el tablero general, donde está la protección principal, se conecta con la puesta tierra de la instalación.

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>SG-SST</b>
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>		<b>Fecha:</b>
		<b>Versión:</b> 001
		Página <b>141</b> de <b>201</b>

- e. **MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LAS INSTALACIONES FINALES.** Los trabajos de mantenimiento y conservación deben ser realizados por profesionales o personas competentes, quienes deben informar de las deficiencias de la instalación, ayudar a su corrección y serán solidariamente responsables con el propietario o constructor, de los efectos que se causen por cualquier deficiencia.

### 6.8. Bases Del Programa De Prevención De Riesgo Eléctrico

La **EEASA**, basa su programa de Prevención de Riesgo Eléctrico en los siguientes ámbitos:

#### 6.8.1. Instalaciones eléctricas.

Establece las características generales y la forma de utilización y mantenimiento de los equipos e instalaciones eléctricas, para proteger fundamentalmente a los trabajadores, usuarios de dichos equipos e instalaciones.

Para efectos de este programa, se consideran como instalaciones eléctricas los circuitos eléctricos con sus componentes, tales como, conductores, equipos, máquinas y aparatos que conforman un sistema eléctrico y que se utilizan para la generación, transmisión, transformación, distribución o uso final de la energía eléctrica; sean públicas o privadas y estén dentro de los límites de tensión y frecuencia establecidos.

El tipo de instalación eléctrica de un lugar de trabajo y las características de sus componentes deberán adaptarse a las condiciones específicas del propio lugar, de la actividad desarrollada en él y de los equipos eléctricos que vayan a utilizarse. Para ello deberán tenerse particularmente en cuenta factores tales como las características conductoras del lugar del trabajo (posible presencia de superficies muy conductoras, agua o humedad), la presencia de atmósferas explosivas, materiales inflamables o ambientes corrosivos y cualquier otro factor que pueda incrementar significativamente el riesgo eléctrico.

En los lugares de trabajo sólo podrán utilizarse equipos eléctricos para los que el sistema o modo de protección previstos por su fabricante sea compatible con el tipo de instalación eléctrica existente y los factores mencionados en el apartado anterior.

Las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo se utilizarán y mantendrán en la forma adecuada y el funcionamiento de los sistemas de protección se controlará

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>142</b> de <b>201</b>	

periódicamente, de acuerdo a las instrucciones de sus fabricantes e instaladores. En cualquier caso, las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo, su uso y su mantenimiento deberán cumplir lo establecido en el RETIE, la norma NTC 2050 y las normas internas de la **EEASA**, así como también la normativa general de seguridad y salud en el trabajo, equipos de trabajo y señalización en el trabajo, así como cualquier otra normativa específica que les dé aplique.

### 6.8.2. Técnicas Y Procedimientos De Trabajo.

Establece de forma detallada, los métodos seguros para trabajar en instalaciones eléctricas o en sus proximidades. Son medidas para proteger a los trabajadores que tienen que manipular la propia instalación eléctrica o su entorno, y no tanto los usuarios de la misma.

Los trabajos en instalaciones eléctricas en lugares con riesgo de incendio o explosión se realizarán siguiendo un procedimiento que reduzca al mínimo estos riesgos; para ello se limitará y controlará, en lo posible, la presencia de sustancias inflamables en la zona de trabajo y se evitará la aparición de focos de ignición, en particular, en caso de que exista, o pueda formarse, una atmósfera explosiva.

En tal caso queda prohibida la realización de trabajos u operaciones (cambio de lámparas, fusibles, etc.) en tensión, salvo si se efectúan en instalaciones y con equipos concebidos para operar en esas condiciones, que cumplan la normativa específica aplicable.

### 6.8.3. Información y formación.

La **EEASA** debe garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores, reciban la formación e información adecuada sobre la naturaleza del riesgo al que se encuentran expuestos, así como sobre las medidas de prevención y protección que sea necesario adoptar en cada caso.

La **EEASA** deberá realizar un estudio de las necesidades formativas necesarias y adecuadas para cada trabajador, en función de las actividades que realicen cada uno de los trabajadores que estén o puedan estar expuestos a riesgo eléctrico.

La **información y formación** en caso de riesgo eléctrico no sólo atañe a los trabajadores encargados de realizar las operaciones en las instalaciones eléctricas, sino que ha de ser facilitada, por la **EEASA**, a todos aquellos trabajadores que, por su

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

 <b>EEASA</b>	<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
	<b>NIVEL 4: PROGRAMAS N°:</b>	PRG-SST-012
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>SG-SST</b>	
<b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO ELECTRICO</b>	<b>Fecha:</b>	
	<b>Versión:</b>	001
	Página <b>143</b> de <b>201</b>	

cercanía física a instalaciones en tensión o por encontrarse trabajando en emplazamientos con riesgo de incendio, explosión o en zonas con posibilidad de acumulación de electricidad estática, puedan estar expuestos a los riesgos generados por la electricidad.

## 7. REGISTROS Y ANEXOS

- FT-SST-027** Formato de Registro de Asistencia.
- FT-SST-092** Formato Análisis de Tareas Críticas.
- FT-SST-069** Matriz de Elementos de Protección Personal.
- FT-SST-100** Formato Matriz para Análisis de Riesgo Eléctrico.
- FT-SST-093** Formato Permiso de Trabajo.
- FT-SST-094** Formato Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST).
- PRC-SST-023** Procedimiento Seguro de Trabajo de Riesgo Eléctrico.
- PRC-SST-022** Procedimiento para Permisos de Trabajo.
- PRC-SST-021** Procedimiento para Elaborar Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST).

## 8. TABLA DE CONTROL DE MODIFICACIONES

Cuando un documento cambie de versión debe ser identificado con un sello de documento obsoleto.

**Tabla A VIII.5.** Tabla de Control de Modificaciones

<b>REV.</b>	<b>Apartado Modificado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fecha</b>
001	Todas las páginas	Creación del Documento	00/ 00 /0000

<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Código:</b> PRG-SST-013
			<b>Fecha de modificación:</b>

## ANEXO IVX

### FORMATO PROPUESTO PARA PERMISO DE TRABAJO CON RIESGO ELÉCTRICO

 <b style="color: blue;">PERMISO DE TRABAJOS CON RIESGO ELÉCTRICO</b> Formato No. 01												
<b>Generalidades</b>												
<b>FECHA</b>	<b>INICIO ACT.</b>	<small>DÍA (dd)</small>	<small>MES (mm)</small>	<small>AÑO (aa)</small>	<b>FINAL ACT</b>	<small>DÍA (dd)</small>	<small>MES (mm)</small>	<small>AÑO (aa)</small>	<b>HORA:</b>	<small>DESDE (00:00 HORAS)</small>	<small>HASTA: (00:00HORAS)</small>	
LUNES <input type="checkbox"/>	MARTES <input type="checkbox"/>	MIÉRCOLES <input type="checkbox"/>	JUEVES <input type="checkbox"/>	VIERNES <input type="checkbox"/>	SÁBADO <input type="checkbox"/>	DOMINGO <input type="checkbox"/>						
<b>PROVINCIA</b>	<b>CANTÓN</b>	<b>PARROQUIA</b>	<b>CIUDAD</b>	<b>SECTOR/ BARRIO</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>No. PERSONAS EJECUTORAS:</b>						
<b>RESPONSABLE DE LOS TRABAJOS:</b>												
<b>ACTIVIDAD A REALIZAR:</b>												
<b>Elementos de Protección personal requeridos (EPP)</b>												
Equipo de protección contra caídas <input type="checkbox"/>				Gafas protección UV <input type="checkbox"/>				Equipo especial: <input type="text"/>				
Botas dieléctricas <input type="checkbox"/>				Ropa protector contra arco eléctrico, cuando se requiera. <input type="checkbox"/>				Otro: <input type="text"/>				
Ropa de mezclilla y sin partes metálicas <input type="checkbox"/>				Guantes dieléctricos apropiados al nivel de tensión que se manipula <input type="checkbox"/>								
Casco dieléctrico con barbiqueo <input type="checkbox"/>				Guantes de cuero tipo electricista. <input type="checkbox"/>								
<b>EQUIPOS DE SEGURIDAD Y SENALIZACION:</b>												
Verificador de ausencia de medio voltaje <input type="checkbox"/>				Conos de señalización <input type="checkbox"/>				Otro: <input type="text"/>				
Verificador de ausencia de bajo voltaje <input type="checkbox"/>				Letrero para señalar el corte visible y de "NO OPERAR" <input type="checkbox"/>								
Postes de señalización <input type="checkbox"/>				Puesta a tierra para red distribución medio voltaje <input type="checkbox"/>								
Cinta de peligro <input type="checkbox"/>				Puesta a tierra para medio voltaje para camión <input type="checkbox"/>								
<b>COMPETENCIAS DEL PERSONAL</b>												
El personal que realizara los trabajos cuenta con formación en electrotecnia y experiencia verificable en su oficio.										<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>N/A</b>
El personal cuenta con capacitación en Riesgo eléctrico o certificación de competencias laborables.												
El personal conoce los procedimientos y/o instructivos necesarios para efectuar de manera segura el trabajo.												
<b>PLANEACIÓN</b>												
Disponen orden de trabajo o disposición de actividades										<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>N/A</b>
Fueron identificados todos los aspectos técnicos de la instalación. (Equipos a intervenir, adyacentes y la ubicación de los mismos)												
Fueron analizados los documentos técnicos disponibles (Manuales, planos, guías, estadísticas de falla y operación, entre otros)												
Se tienen definidas y descritas las actividades que deben efectuarse paso a paso. (AST)												
Se identificaron, valoraron y definieron las medidas de prevención y protección de los peligros por contacto eléctrico (directo e indirecto, arco eléctrico) de la actividad. (Aplicación de las reglas de oro)												
Se definieron los recursos necesarios para la ejecución de los trabajos. (personal, herramientas, equipos, materiales, epp).												
Los Equipos de protección personal son seguros y funcionan perfectamente.												

PARA LA EJECUCIÓN				SI	NO	N/A
El personal que realizara los trabajadores conocen las actividades programadas, los riesgos y los controles definidos (AST)						
Se encuentra en buen estado y correcto funcionamiento las herramientas, equipos de medida, elementos de protección y equipos de seguridad						
Se encuentran en buen estado las estructuras, soportes, accesos y sitios de trabajo						
Permiten los factores externos efectuar el Trabajo con Seguridad (Trabajos vecinos, condiciones atmosféricas, iluminación)						
Está el área limpia y libre de obstáculos						
Se ha identificado y demarcado adecuadamente el Área de trabajo						
El personal cuenta con la ropa y equipos de protección necesarios						
Se verifica el <b>NO</b> uso de elementos conductores (relojes, anillos, joyas, etc.)						
Aplicación de las <b>REGLAS DE ORO</b> para trabajos en instalaciones y equipo eléctrico						
a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de voltaje.						
b. Retiro de caña portafusible y etiquetado						
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases						
d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo.						
e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo.						
Si la respuesta es <b>NO</b> , indique las razones y las medidas que se tomarán para mantener un ambiente de trabajo seguro:						
Afectaciones						
Este trabajo produce peligros y riesgos para transeúntes	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>		
Este trabajo produce riesgos para otros trabajos en áreas adyacentes	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>		
Los trabajos en áreas adyacentes producen riesgos sobre este trabajo	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>		
DATOS DE LA PERSONA(S) QUE DESARROLLAN LA ACTIVIDAD.						
Nombres y apellidos		Departamento		Cargo		Firma
OBSERVACIONES:						
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD						
Verificado en campo y confirmado controles para minimizar los riesgos asociados a este trabajo consideramos seguro proceder con la ejecución de los mismos.						
Visto Bueno:		Autorizado		Solicitado:		
DIRECTOR		JEFE DE SECCIÓN / ÁREA / UNIDAD / COORDINADOR		JEFE DE GRUPO TRABAJADOR		



**ANÁLISIS DE SEGURIDAD DEL TRABAJO (AST) GRUPO DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS  
EMPALME SUBTERRÁNEO EN MEDIA TENSIÓN (SIN CARGA-SIN TENSIÓN)**

**ANEXO X**

**MODELO DE ANÁLISIS DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO PARA UNA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO DE  
CABLES AISLADOS DE REDES SUBTERRÁNEAS**

IDENTIFICACIÓN EMPRESA	TRABAJO U OPERACIÓN	RECURSOS UTILIZADOS (Seguridad laboral)
<p><b>Empresa:</b> Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.  <b>Provincia:</b> Tungurahua  <b>Cantón:</b> Ambato  <b>Ciudad:</b> Ambato  <b>Departamento:</b> Distribución  <b>Sección o Área:</b> Grupo de redes subterráneas  <b>Labor:</b> Empalme subterráneo en media tensión (sin carga-sin tensión)</p>	<p style="text-align: center;">EMPALME SUBTERRÁNEO EN MEDIA TENSIÓN (SIN CARGA-SIN TENSIÓN)</p>	<p><b>USO EPP: (Casco, ropa de trabajo, zapatos dieléctricos, guantes dieléctricos, guantes mecánicos, mascarillas)</b>  <b>USO EPP. COLECTIVO:</b> (puesta a tierra y en cortocircuito, comprobador de voltaje, conos de seguridad, cinta de peligro, Ropa, calzado dieléctricos, guantes, detector de proximidad de tensión sonoro y visual)</p>

ACTIVIDAD	PELIGRO / RIESGOS POTENCIALES	MEDIDAS PREVENTIVAS/CORRECTIVAS
Disposición de trabajo escrita (Orden de trabajo)	<b>Peligros:</b> – No existe disposición de trabajo escrita <b>Riesgos:</b> – Exposición de accidentes laborales N/A	– Realizar disposición de trabajo escrita a los grupos de trabajo asignando labores respectivas –
Coordinar actividades laborales	<b>Peligros:</b> – No se ejecuta coordinación de actividades laborales <b>Riesgos:</b> – Exposición de accidentes laborales	– Coordinar con integrantes de grupo las actividades a efectuar, considerando temas de seguridad dl trabajo
Charla de seguridad antes de las labores	– N/A	– N/A
Comunicar actividad a ejecutarse: – Dirección de Distribución – Centro de control EEASA – Coordinador de actividades	<b>Peligros:</b> – Comunicación inadecuada <b>Riesgos:</b> – Exposición de accidentes laborales	– El emisor trasmite la información requerida al receptor, quien transmite el mensaje lo haga de modo claro y entendible para su interlocutor/es, sin que genere confusión, dudas o interpretaciones erróneas.
Retirar herramientas, materiales y equipos	<b>Peligros:</b> – Materiales pesados – Falta de orden y limpieza <b>Riesgos:</b> – Caída mismo nivel – Aplastamiento – Atrapamientos – Lesiones – Muerte	Retirar herramientas, materiales y equipos
Desplazamiento al sitio de trabajo	<b>Peligros:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Condiciones climáticas</b></li> <li>• <b>Condiciones mecánicas del vehículo</b></li> <li>• <b>Condiciones de la vía</b></li> <li>• <b>Tráfico vehicular</b></li> <li>• <b>Condiciones Geográficas</b></li> </ul> – Falta de capacitación – Fauna	Desplazamiento al sitio de trabajo

	<p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Atropellamiento</li> <li>- Accidente vehicular</li> <li>- Politraumatismo</li> <li>- Muerte</li> </ul>	
Inspección de seguridad en sitio de trabajo	<p><b>Peligros:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tráfico vehicular</li> <li>- Imprudencia peatonal</li> <li>- Condiciones climáticas</li> <li>- Flora y Fauna</li> </ul> <p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Politraumatismo</b></li> <li>- <b>Atropellamiento</b></li> <li>- <b>Aplastamiento</b></li> <li>- <b>Caída a distinto nivel</b></li> <li>- <b>Picaduras y mordeduras de serpientes e insectos</b></li> <li>- <b>Muerte</b></li> </ul>	Inspección de seguridad en sitio de trabajo
Zonificar el área de trabajo	<p><b>Peligros</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tráfico peatonal</li> <li>- Condiciones climáticas</li> <li>- Condiciones del sitio</li> <li>- Fauna</li> </ul> <p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Atropellamiento</li> <li>- Caídas mismo nivel</li> <li>- Muerte</li> </ul>	Zonificar el área de trabajo
Aplicar cinco reglas de oro	<p><b>Peligros:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electricidad</li> <li>- Condiciones climáticas</li> <li>- Fauna</li> </ul> <p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrocutión</li> <li>- Caída de objetos en manipulación</li> <li>- Caídas al mismo nivel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de equipos de protección</li> <li>- Orden y limpieza en el puesto de trabajo</li> <li>- Revisar AST de las 5 reglas de Oro</li> </ul>

Apertura de la vereda en la vía pública	<p><b>Peligros:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramientas en mal estado</li> <li>- No es el lugar correcto</li> </ul> <p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caída de objetos en manipulación</li> <li>- Caídas al mismo nivel</li> <li>- Golpes/ cortes por objetos herramientas</li> <li>- Atrapamiento entre objetos</li> <li>- Accidentes mecánicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de equipos de protección Orden y limpieza en el puesto de trabajo</li> <li>- Cumplimiento de procedimientos de trabajo seguro</li> </ul>
Limpieza o retiro de elementos, cables o materiales inservibles	<p><b>Peligros:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electricidad (circuitos cercanos energizados)</li> </ul> <p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrocuación</li> <li>- Confundir cables energizados</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de equipos de protección (Ropa, calzado dieléctricos, guantes, detector de proximidad de tensión sonoro y visual)</li> <li>-</li> <li>- Orden y limpieza en el puesto de trabajo</li> <li>- Cumplimiento de procedimientos de trabajo seguro</li> <li>- Señalizar fases</li> </ul>
Preparación del cable y ejecución de empalme	<p><b>Peligros:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Material incompleto</li> <li>- Falta de conocimiento del técnico</li> <li>- Poca importancia de la limpieza</li> <li>- Identificación de fases</li> </ul> <p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>- Electrocuación</li> <li>- Caída de objetos en manipulación</li> <li>- Caídas al mismo nivel</li> <li>- Golpes/ cortes por objetos herramientas</li> <li>- Atrapamiento entre objetos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de equipos de protección</li> <li>- Orden y limpieza en el puesto de trabajo</li> <li>- Cumplimiento de procedimientos de trabajo seguro</li> <li>- Personal técnico debidamente implementado en ejecución de empalmes en cable SECO y en ACEITE.</li> <li>- Técnico responsable y Técnico supervisor retira del almacén material apropiado previa verificación de los componentes.</li> <li>- Área de trabajo debidamente delimitada y con la acepción respectiva.</li> <li>- Medición de aislamiento</li> </ul>
Resane de vereda	<p><b>Peligros:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compactación no adecuada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de equipos de protección</li> <li>- Orden y limpieza en el puesto de trabajo</li> </ul>



**ANÁLISIS DE SEGURIDAD DEL TRABAJO (AST) GRUPO DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS  
EMPALME SUBTERRÁNEO EN MEDIA TENSIÓN (SIN CARGA-SIN TENSIÓN)**

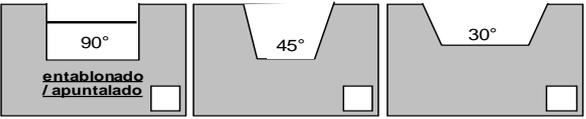
150

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resane no adecuado</li> </ul> <b>Riesgos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caídas al mismo nivel</li> <li>- Atrapamiento entre objetos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplimiento de procedimientos de trabajo seguro</li> <li>- Seguir normas para el resanamiento de veredas</li> <li>- Utilizar el tipo de mezcla apropiada</li> </ul>
Retirar al personal involucrado en el trabajo	<b>Peligros:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruido</li> </ul> <b>Riesgos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caídas al mismo nivel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de equipos de protección personal</li> <li>- Cumplimiento de procedimientos de trabajo seguro</li> <li>- Orden y limpieza en el lugar de trabajo</li> </ul>
Retirar sistema de puesta a tierra y cortocircuito	<b>Peligros:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruido</li> </ul> <b>Riesgos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caídas al mismo nivel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de equipos de protección personal</li> <li>- Cumplimiento de procedimientos de trabajo seguro</li> <li>- Orden y limpieza en el lugar de trabajo</li> </ul>
Comunicar actividad concluida: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dirección de Distribución</li> <li>- Centro de control EEASA</li> <li>- Coordinador de actividades</li> </ul>	<b>Peligros:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comunicación inadecuada</li> </ul> <b>Riesgos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposición de accidentes laborales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El emisor transmite la información requerida al receptor, quien transmite el mensaje lo haga de modo claro y entendible para su interlocutor/es, sin que genere confusión, dudas o interpretaciones erróneas.</li> </ul>
Energizar el circuito y probar con carga	<b>Peligros:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruido</li> <li>- Arco eléctrico</li> <li>- Energía eléctrica</li> <li>- Desprendimientos de elementos mecánicos</li> </ul> <b>Riesgos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrocutión</li> <li>- Quemaduras</li> <li>- Amputación de miembros</li> <li>- Ceguera permanente o temporal</li> <li>- Muerte</li> <li>- Contaminación por aceite desprendido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de equipos de protección personal</li> <li>- Cumplimiento de procedimientos de trabajo seguro</li> <li>- Mantenimiento programado y preventivo a los equipos eléctricos</li> <li>- Capacitación y adiestramiento</li> <li>- Orden y limpieza en el lugar de trabajo</li> </ul>
Informe de cierre de disposición de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- N/A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- N/A</li> </ul>
Finalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- N/A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- N/A</li> </ul>

**OBSERVACIÓN:**

- Se prohíbe las actividades laborales que no utilicen los equipos de protección personal
- Cumplir con el procedimiento de trabajo seguro
- Las jefaturas y el personal al identificar peligros inminentes suspenderá sus actividades laborales

## ANEXO XI FORMATO PERMISO DE TRABAJO PARA EXCAVACIÓN

		<b>Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo</b>	
		<b>NIVEL 7: FORMATOS N°:</b>	FT-SST-116
		<b>SG-SST</b>	
FORMATO PERMISO DE TRABAJO EN EXCAVACIÓN		Fecha:	
		Versión:	001
		Página 1 de 1	
<b>ESTE PERMISO ES VALIDO "SOLAMENTE" PARA EL DIA QUE SE EFECTÚA EL TRABAJO</b>			
<b>1</b>	<b>Solicitud del Trabajo</b>	Lugar	Equipo
			Permiso N° .....
			Fecha: ..... / ..... / 200.... Hora Inicio:                      Duración:
Descripción del Trabajo:			
Profundidad y dimensiones:			
Documentación Adjunta y otros Permisos vinculados con este trabajo:			
Frío / Caliente <input type="checkbox"/> Altura <input type="checkbox"/> Espacio Confinado <input type="checkbox"/> Eléctrico <input type="checkbox"/>			
Observaciones:			
<b>FIRMA DEL SOLICITANTE</b>		<b>NOMBRE Y APELLIDO</b>	
<b>TODOS LOS ITEMS DE LAS PRECAUCIONES DE SEGURIDAD PREVIAS DEBEN COMPLETARSE</b>			
<b>2</b>	<b>Precauciones de Seguridad Previas</b>	Marque con una <b>X</b> cuando el ítem corresponda y esté realizado o <b>N/A</b> cuando no es aplicable	
	Señalización a utilizar para demarcar el área:		SI      NO
	<input type="checkbox"/> Cadena o cinta de peligro <input type="checkbox"/> Carteles		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Vallado rígido <input type="checkbox"/> Iluminación		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Corte de calle <input type="checkbox"/> Otros .....		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Sistema de protección de la excavación de más de 1.20 metros:		
			
	Observaciones: Hay otros Permisos vinculados con este trabajo		
		Los factores meteorológicos permiten realizar el trabajo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		La persona que guía al maquinista está disponible.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		El trabajo requiere Supervisión permanente.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Se requiere entablonado / apuntalado u otro dispositivo de seguridad.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Están notificados otros sectores involucrados o afectados.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Hay escaleras cada 10 mts ancladas en la parte superior	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Las cañerías e instalaciones subterráneas y aéreas están identificadas y señalizadas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		La distancia del acopio de material extraído a la zanja es segura	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Están notificados los otros sectores involucrados o afectados.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Los cateos o zondeos piloto son hechos a mano.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		La iluminación es 12 o 24 V, antiexplosiva (APE). Equipos APE	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Explosivos: Está disponible el ARO, Procedimiento o Instructivo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<b>2.1 - Equipos y Elementos de Lucha Contra Incendios, a Mano y Listos para ser Usados (Marcar con "X" según corresponda)</b>		
	<input type="checkbox"/> Red Contra Incendio. <input type="checkbox"/> Extintidores PQS <input type="checkbox"/> Extintidores CO <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> Otros (especificar).....		
	<b>2.2 - Equipos de Protección Personal Necesarios y Disponibles (Marcar con "X" según corresponda)</b>		
	<input type="checkbox"/> Casco <input type="checkbox"/> Botas de Seguridad <input type="checkbox"/> Guantes <input type="checkbox"/> Protección Auditiva <input type="checkbox"/> Máscara con Filtro		
	<input type="checkbox"/> Antiparras <input type="checkbox"/> Anteojos <input type="checkbox"/> Protector Facial <input type="checkbox"/> Protector Buconasal <input type="checkbox"/> Equipo de resp. Autónomo		
	<input type="checkbox"/> Ames de seguridad <input type="checkbox"/> Cuerdas salvavidas <input type="checkbox"/> Guantes dieléctricos <input type="checkbox"/> Otros (especificar) .....		
	Autorizante (Responsable de la Instalación)		
	Ejecutante (Persona que realiza la tarea)		
	Responsable de Seguridad y Salud en el Trabajo		
	NOMBRE Y APELLIDO		FIRMA
<b>ATENCION !!!: ANTE CUALQUIER SEÑAL DE EMERGENCIA O AVISO DE ALARMA, ESTE PERMISO PIERDE VALIDEZ</b>			
<b>3</b>	<b>Cancelación del Trabajo (Marcar con X según corresponda)</b>		
	Se verificó que la tarea	<input type="checkbox"/> Ha sido completada <input type="checkbox"/> No ha sido iniciada <input type="checkbox"/> Ha comenzado pero no ha terminado	
	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Suspendida o no iniciada por haberse realizado observaciones de seguridad.	
		El lugar de trabajo ha quedado en condiciones de seguridad, orden y limpieza. (Tachar lo que no corresponda)	
OBSERVACIONES:			
	Autorizante (Responsable de la Instalación)		
	Ejecutante (Persona que realiza la tarea)		
	NOMBRE Y APELLIDO		FIRMA

**ANEXO XII**  
**FORMATO DE LISTA DE CHEQUEO PARA TRABAJOS EN**  
**EXCAVACIÓN**



**FORMATO LISTA DE CHEQUEO PARA TRABAJOS EN EXCAVACIÓN**

Fecha:

Versión: 001

Página 154 de 201

ACTIVIDAD:

OPERARIO:  FECHA:

SUPERVISOR:  LUGAR:

CONDICIONES DE SEGURIDAD	SI	NO	N/A
Los trabajadores tienen los elementos de protección personal básicos: Casco, botas con puntera y plantilla de acero, guantes, gafas de seguridad y mascarilla para polvo.			
Los trabajadores tienen los elementos de protección personal adicionales de acuerdo con otros riesgos específicos identificados (como protección respiratoria, protección contra caída, etc.).			
El área de trabajo se encuentra señalizada, delimitada o demarcada.			
Hay plano de interferencia.			
Se identifican las interferencias.			
Se ha revisado el área, las cajas de conexiones, las marcas del terreno, instalaciones y se han marcado en el terreno para evitar dañarlas al excavar.			
Se ha revisado el área con un detector de metales o detector de cables.			
Se ha identificado el impacto sobre las vías y rutas de evacuación y se han implantado medidas correctivas.			
Si la excavación es "espacio confinado" se tiene al menos una Persona Competente actuando como Vigía.			
Se identifica la necesidad y se realizan las medidas de protección.			
Se escoge la medida de protección apropiada.			
El material sobrante y herramientas, están a la distancia indicada.			
Tienen escaleras o sistemas de ingreso/salida a menos de 7 metros de distancia dentro de la excavación.			
Se conserva la distancia apropiada entre excavadores.			
Se cuenta con la evidencia de la inspección previa y periódica de la excavación.			
Se han corregido las diferencias identificadas en inspecciones previas.			
Se cuenta con motobombas disponibles en caso de inundación.			
Se reubican o retiran los elementos que ofrecen peligro			
Se cuenta con talud o apuntalamiento acorde al diseño.			
El material sobrante se retira en el tiempo indicado.			
El área se encuentra despejada cuando haya equipos pesados trabajando.			
Las volquetas y los vehículos en general, circulan a la distancia segura.			

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Código: FT-SST-117
			Fecha de modificación:

**ANEXO XIII**  
**MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS CON MEDIDAS DE PREVENCIÓN PROPUESTAS**

**Tabla AXIII.1.** Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos

Evento o efecto	Causas del factor de riesgo	Factor de riesgo(causa)	Fuente	Estimación del Nivel de riesgo	FUENTE	MEDIO	RECEPTOR
ET,EMN,ELES	fallas a tierra	Tensión de paso	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	ALTO	Control de ingeniería: Sistema de protección de falla a tierra para equipos de media y baja tensión	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo	Capacitación al personal en sistemas de puesta a tierra Uso de EPP
ET,EMN,ELES	retardo en el despeje de la falla	Tensión de paso	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	ALTO	-	Control de ingeniería: Sistemas de alarma	Capacitación al personal sobre tensiones de paso. Uso correcto de EPP
ET,EMN,ELES	Descuidos en trabajos de mantenimiento	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	ALTO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión	Detectores de proximidad para trabajos en tensión o trabajos cerca de circuitos energizados  Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación en riesgos eléctricos  Uso correcto de EPP

**Tabla AXIII.1. Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos (continuación)**

ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	ALTO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión	Detectores de proximidad para trabajos en tensión o trabajos cerca de circuitos energizados  Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Negligencia o impericia	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	ALTO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de contacto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	ALTO	Control de ingeniería: Sistema de protección de falla a tierra para equipos de media y baja tensión	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo	Capacitación al personal en sistemas de puesta a tierra
ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Tensión de contacto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	ALTO		Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP

**Tabla AXIII.1. Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos (continuación)**

ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de paso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	ALTO	Control de ingeniería: Sistema de protección de falla a tierra para equipos de media y baja tensión	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo	Capacitación al personal en sistemas de puesta a tierra
ET,EMN,EI,ES	Factores ambientales o externos	Tensión de paso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	ALTO	Controles de ingeniería: Sistemas de protección ante factores ambientales.  Sistemas anti inundaciones, aislamientos de alta calidad	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo	Capacitación al personal sobre tensiones de paso. Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	retardo en el despeje de la falla	Tensión de paso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	ALTO			Capacitación al personal sobre tensiones de paso. Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de contacto	Operación y maniobras en redes subterráneas	ALTO	Control de ingeniería: Sistema de protección de falla a tierra para equipos de media y baja tensión	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo	Capacitación al personal en sistemas de puesta a tierra
ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Tensión de contacto	Operación y maniobras en redes subterráneas	ALTO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Capacitación sobre fallas de aislamiento Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Tensión de contacto	Operación y maniobras en redes subterráneas	ALTO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP

**Tabla AXIII.1. Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos (continuación)**

ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de paso	Operación y maniobras en redes subterráneas	ALTO	Control de ingeniería: Sistema de protección de falla a tierra para equipos de media y baja tensión	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo	Capacitación al personal en sistemas de puesta a tierra
ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Tensión de paso	Operación y maniobras en redes subterráneas	ALTO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Capacitación sobre fallas de aislamiento Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	retardo en el despeje de la falla	Tensión de paso	Operación y maniobras en redes subterráneas	ALTO	-	Control de ingeniería: Sistemas de alarma	Capacitación al personal sobre tensiones de paso. Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Tendido de cables aislados para redes subterráneas de medio y bajo voltaje	MEDIO		Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Capacitación sobre fallas de aislamiento Uso correcto de EPP
ET,EI	Malos contactos	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	Controles de ingeniería: Sistemas de protección no aterrados.  Sistemas de puesta a tierra	-	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP prendas innifugas, gafas de seguridad

**Tabla AXIII.1. Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos (continuación)**

ET,EI	cortocircuitos	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	Controles de ingeniería: Sistemas de protección no aterrados.  Sistemas de puesta a tierra	-	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP prendas innifugas, gafas de seguridad
ET,EI	Aperturas con carga	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	Controles de ingeniería: Sistemas de apertura automática	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal  Uso de pértigas aisladas para trabajo a distancia	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP
ET,EI	Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP

**Tabla AXIII.1. Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos (continuación)**

ET,EI	Manipulación indebida	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP
ET,EI	Descuidos en trabajos de mantenimiento	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	Suspender la energía eléctrica, en el caso de trabajos sin tensión	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación en riesgos eléctricos  Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Negligencia o impericia	Contacto directo	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP

**Tabla AXIII.1. Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos (continuación)**

ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Capacitación sobre fallas de aislamiento Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Mal mantenimiento	Equipo defectuoso	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	Controles administrativos: Control de calidad del mantenimiento	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	fallas a tierra	Tensión de contacto	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	Control de ingeniería: Sistema de protección de falla a tierra para equipos de media y baja tensión	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo	Capacitación al personal en sistemas de puesta a tierra
ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Tensión de contacto	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP
ET,EI	Malos contactos	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Termografías para detectar puntos calientes	Uso correcto de EPP

**Tabla AXIII.1. Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos (continuación)**

ET,EI	cortocircuitos	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	MEDIO	Control de ingeniería: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles	-	Uso correcto de EPP
ET,EI	Aperturas con carga	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	MEDIO	Control de ingeniería: Sistemas de apertura remota	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo	EPP: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta
ET,EI	Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	MEDIO	Control de ingeniería: Sistemas de apertura remota	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo	EPP: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta
ET,EMN,EI,ES	Manipulación indebida	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	MEDIO		Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Capacitación sobre fallas de aislamiento Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Mal mantenimiento	Contacto indirecto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	MEDIO	Control del mantenimiento		

**Tabla AXIII.1. Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos (continuación)**

ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Cortocircuito	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Capacitación sobre fallas de aislamiento Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Mal mantenimiento	Equipo defectuoso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Mala instalación	Equipo defectuoso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Uso correcto de EPP
ET,EI	Malos contactos	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Termografías para detectar puntos calientes	Uso correcto de EPP
ET,EI	cortocircuitos	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	Control de ingeniería: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles	-	Uso correcto de EPP
ET,EI	Aperturas con carga	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	Control de ingeniería: Sistemas de Protección: interruptores, fusibles	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo	EPP: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta

**Tabla AXIII.1. Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos (continuación)**

ET,EI	Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	Control de ingeniería: Sistemas de apertura remota	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo	EPP: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta
ET,EI	Manipulación indebida	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP
ET,EI	Descuidos en trabajos de mantenimiento	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	Suspender la energía eléctrica, en el caso de trabajos sin tensión	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación en riesgos eléctricos  Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Negligencia o impericia	Contacto directo	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP

**Tabla AXIII.1. Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos (continuación)**

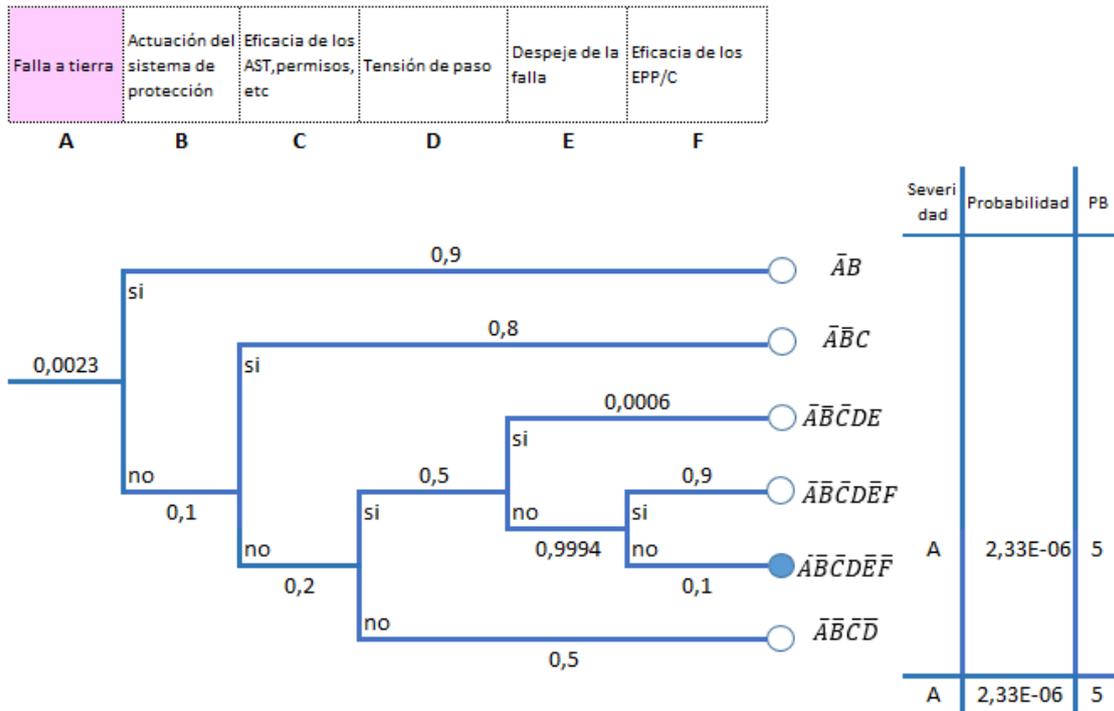
ET,EMN,EI,ES	Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	Suspender la energía eléctrica, en el caso de trabajos sin tensión	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO		Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Capacitación sobre fallas de aislamiento  Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Mal mantenimiento	Contacto indirecto	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Fallas de aislamiento	Cortocircuito	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Capacitación sobre fallas de aislamiento  Uso correcto de EPP
ET,EMN,EI,ES	Negligencia o impericia	Cortocircuito	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: AST y permisos de trabajo  Inspecciones sobre el cumplimiento de las 5 reglas de oro en el caso de trabajos sin tensión.  Selección de personal	Capacitación al personal en el uso correcto de EPP y equipos aislantes en el caso de trabajos en tensión.  Capacitación evaluación del puesto de trabajo  Uso correcto de EPP

**Tabla AXIII.1. Matriz con medidas de protección y control aplicada a los riesgos (continuación)**

ET,EMN,ELES	Mal mantenimiento	Equipo defectuoso	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Uso correcto de EPP
ET,EMN,ELES	Mala instalación	Equipo defectuoso	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO	-	Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Uso correcto de EPP
EI	Conexiones flojas	Sobrecarga	Operación y maniobras en redes subterráneas	MEDIO		Controles administrativos: Plan de mantenimiento preventivo  Controles de ingeniería: Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Uso correcto de EPP
ET,EI	cortocircuitos	Arcos eléctricos	Excavaciones y obras civiles	MEDIO	Control de ingeniería: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles	-	Capacitación excavaciones al personal que realiza el trabajo  Uso correcto de EPP

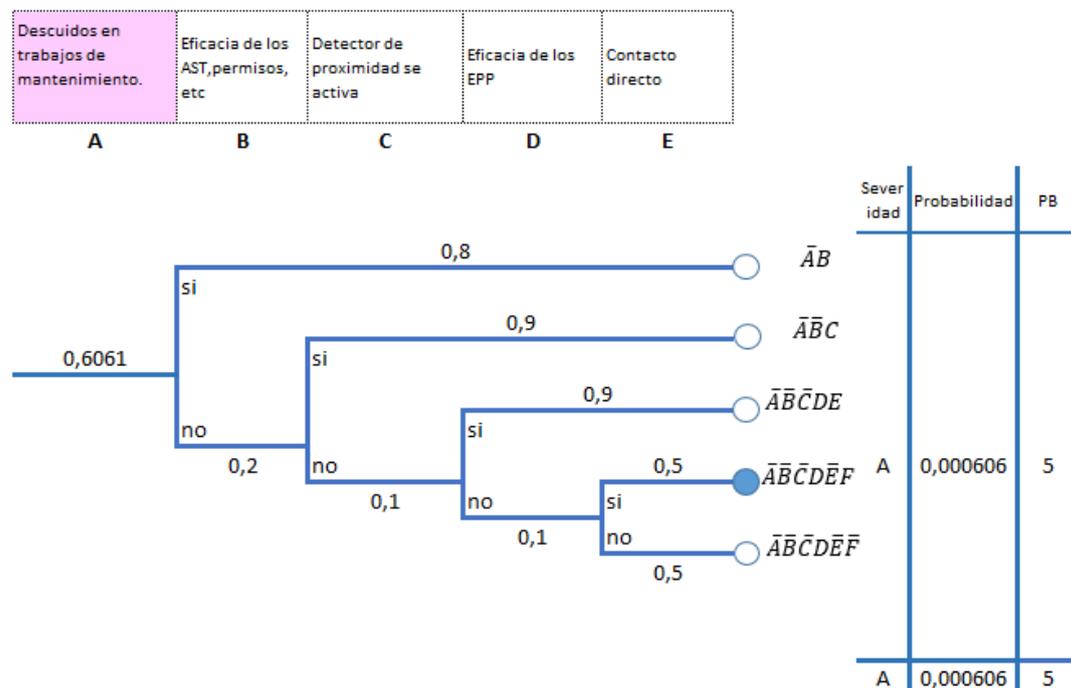
## ANEXO XIV VALIDACIÓN DE LAS MEDIDAS DE CONTROL MEDIANTE LA METODOLOGÍA ÁRBOL DE EVENTOS

### Montaje e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas

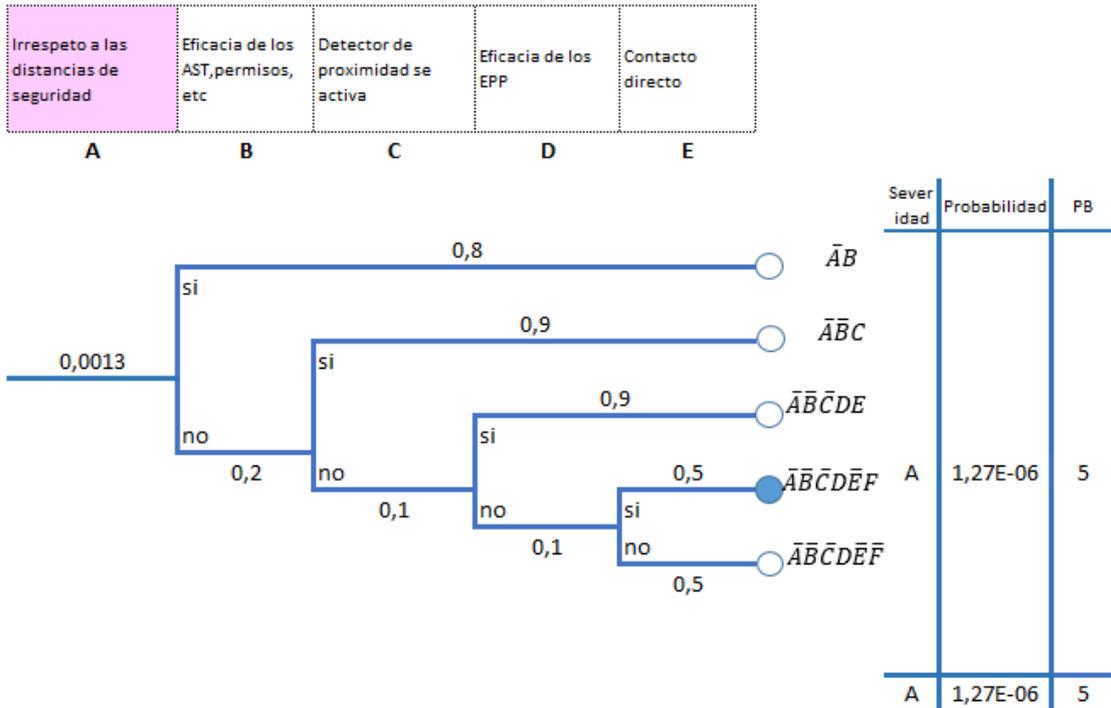


5A	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

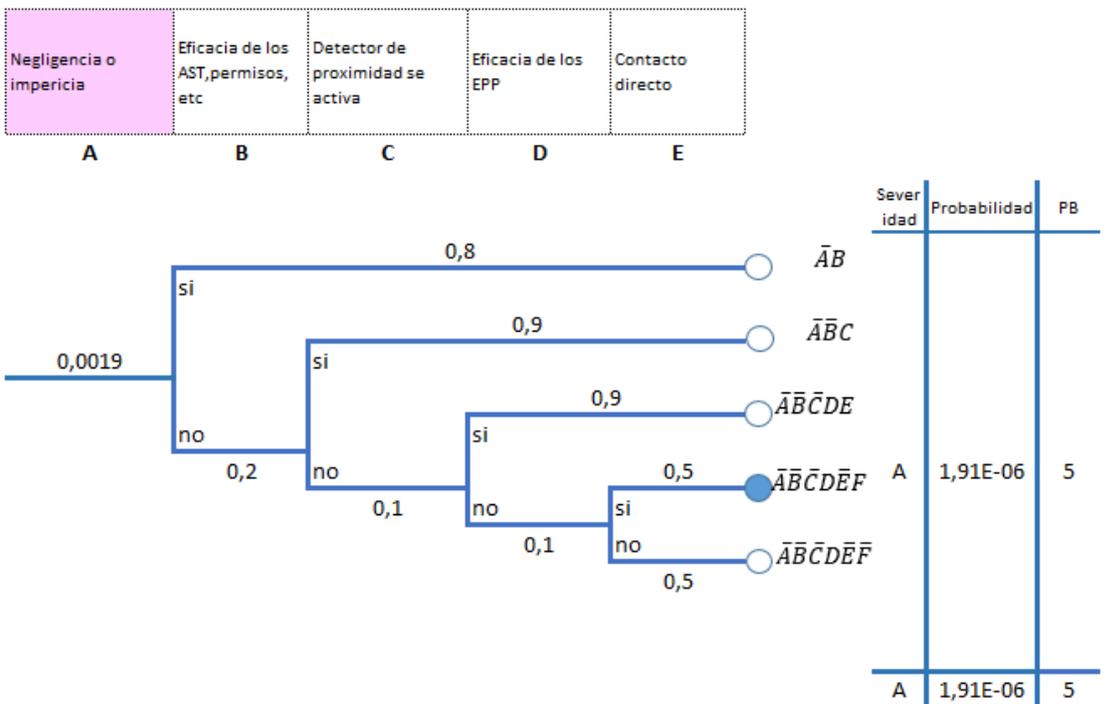
### Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas



5A	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

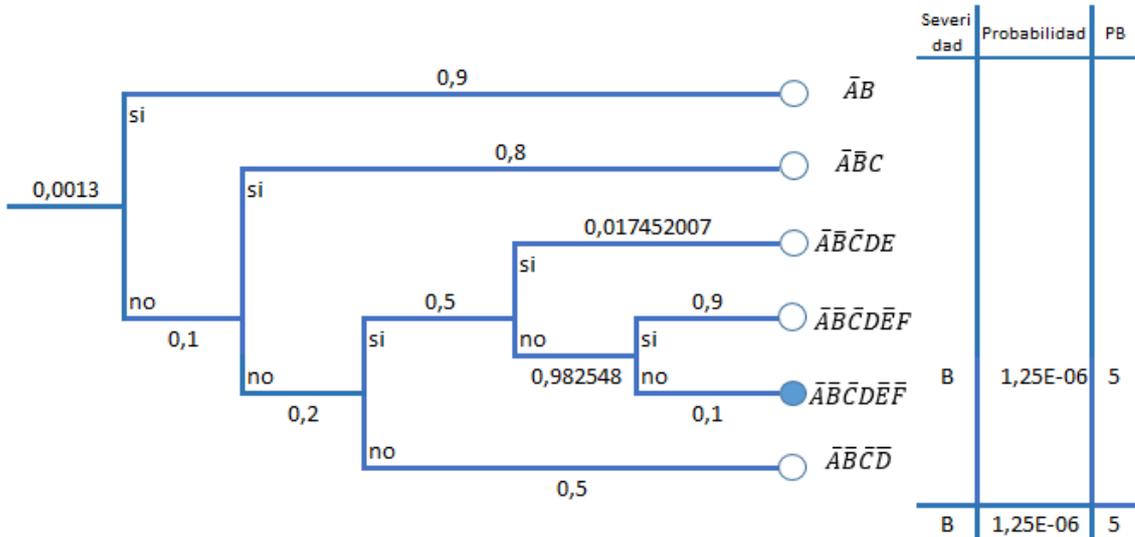


5A	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



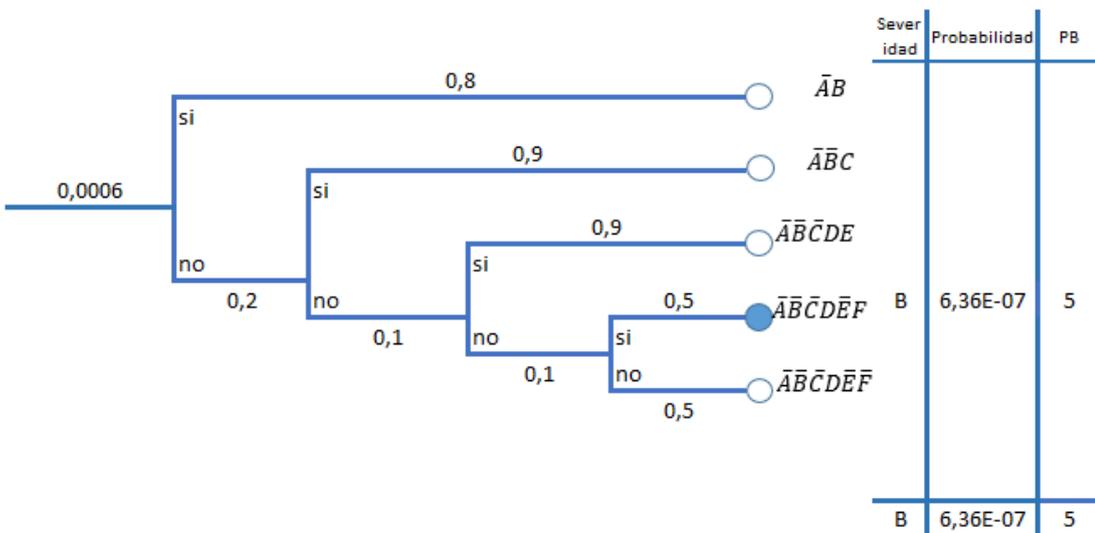
5A	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

Falla a tierra	Actuación del sistema de protección	Eficacia de los AST, permisos, etc	Tensión de contacto	Despeje de la falla	Eficacia de los EPP/C
A	B	C	D	E	F

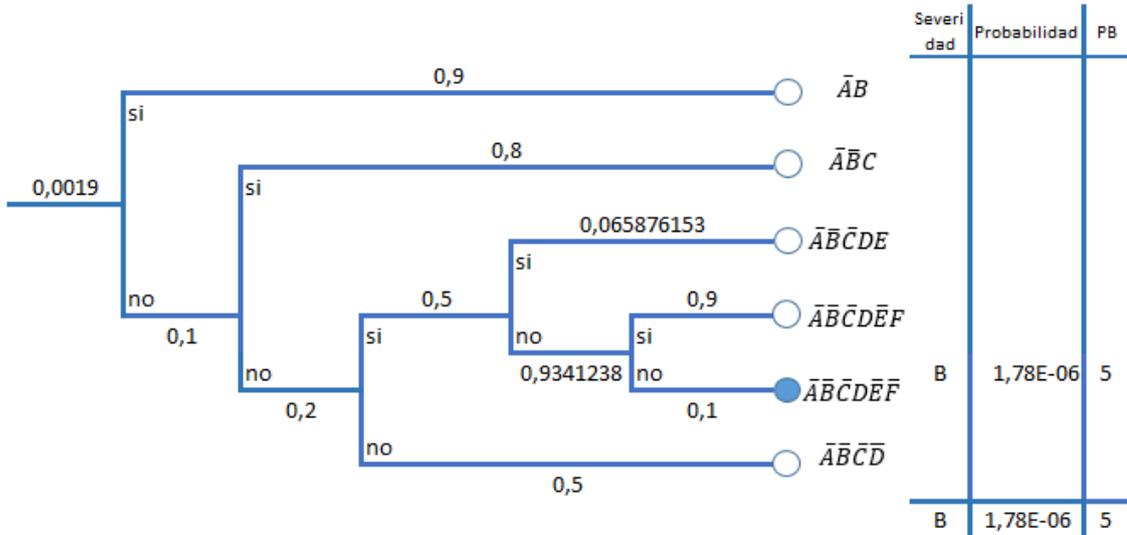
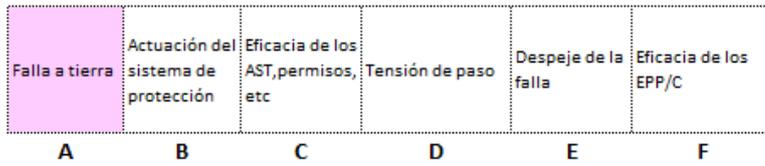


5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

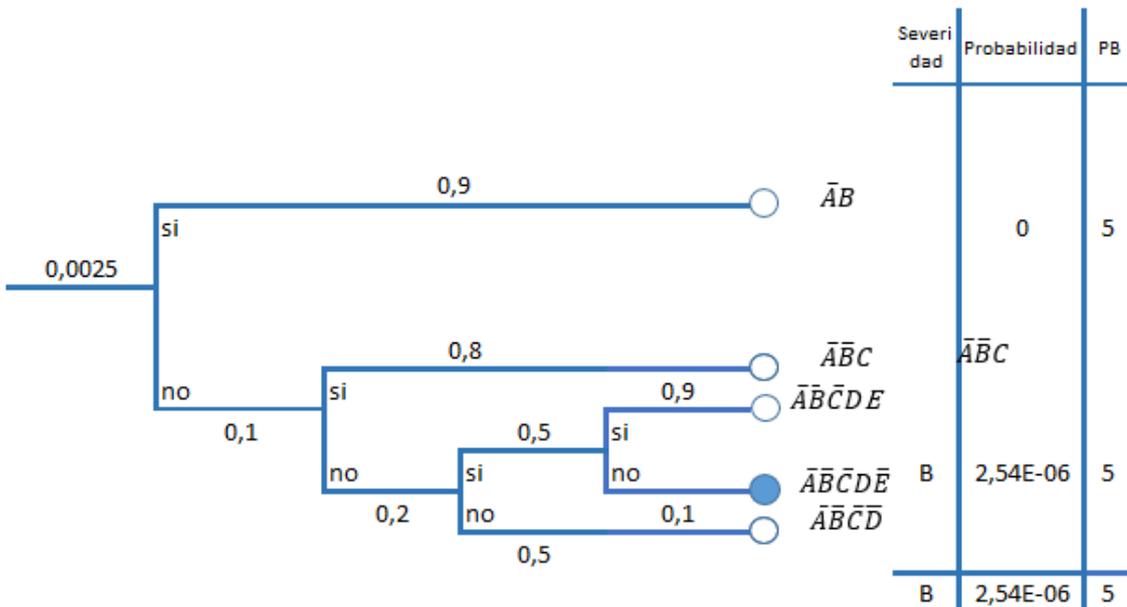
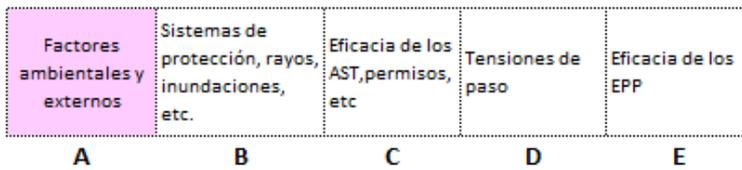
Irrespeto a las distancias de seguridad	Eficacia de los AST, permisos, etc	Detector de proximidad se activa	Eficacia de los EPP	Tensión de contacto
A	B	C	D	E



5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

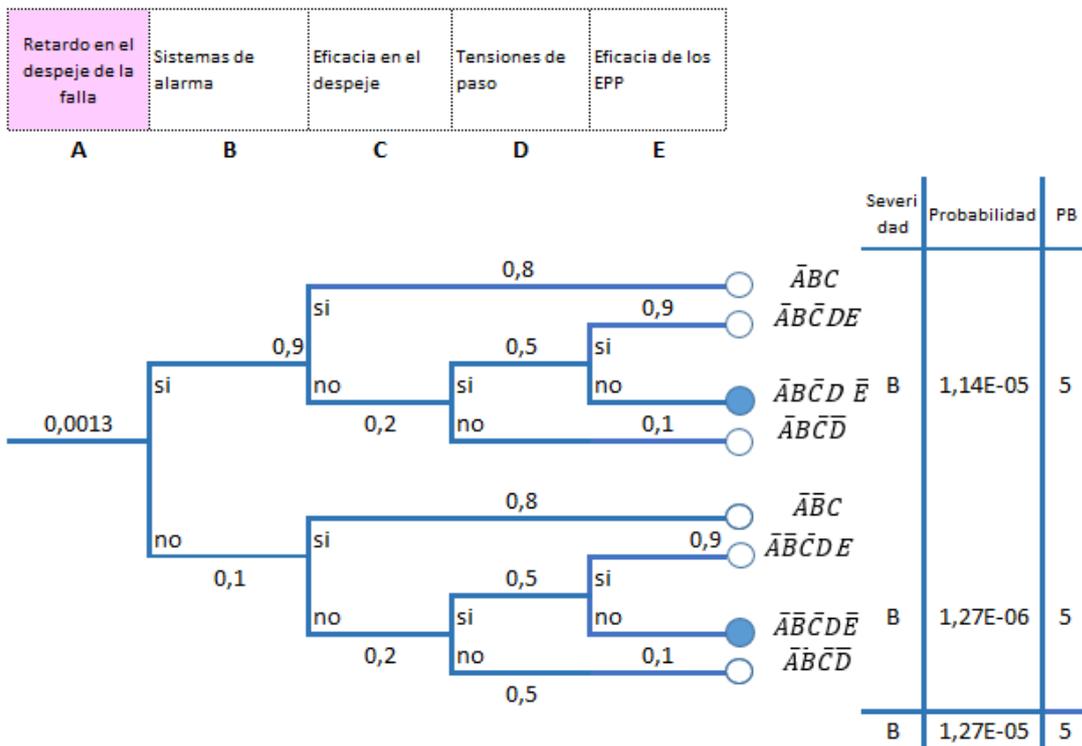


5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

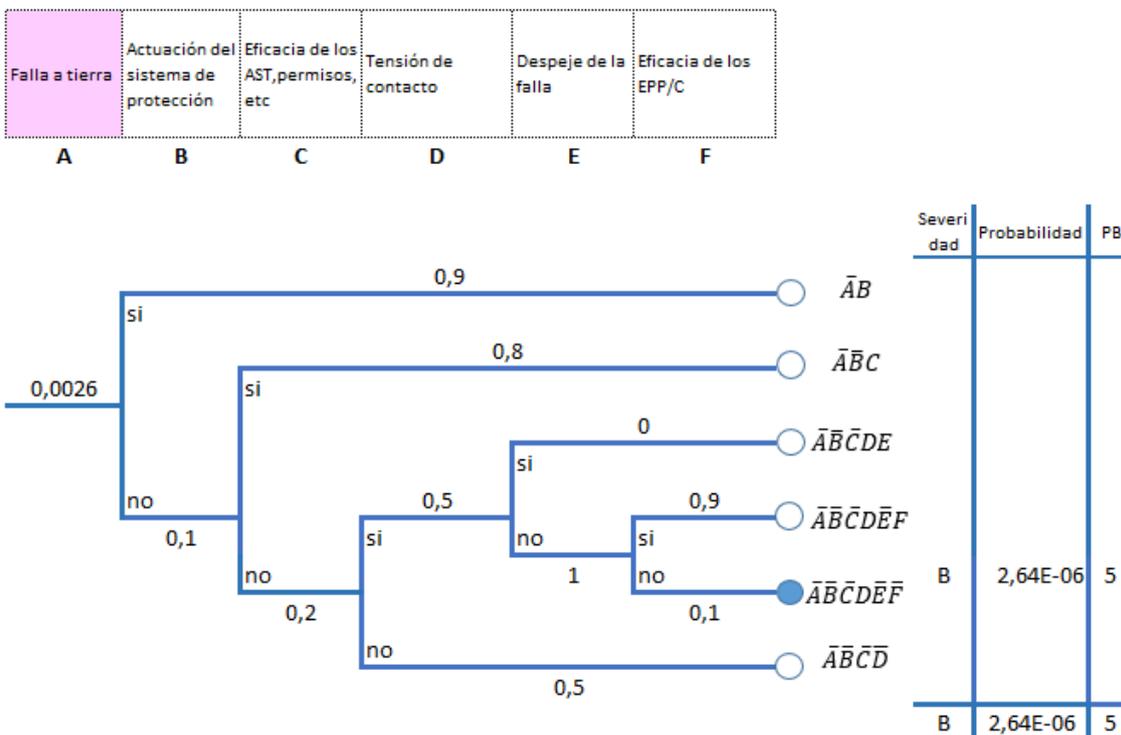


5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

### Operación y maniobras en redes subterráneas

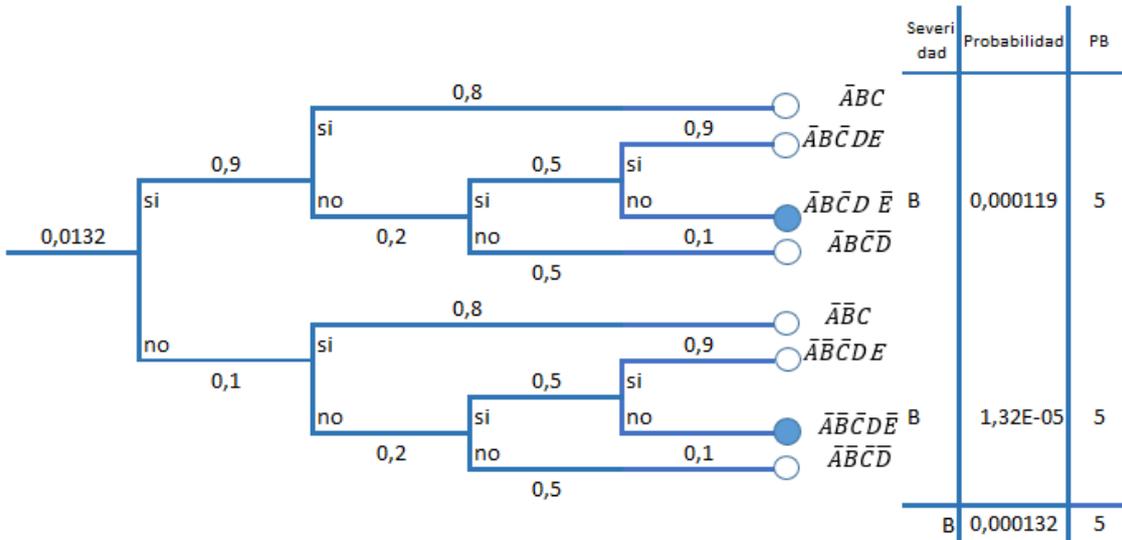


<b>5B</b>	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
-----------	----------------------------	--



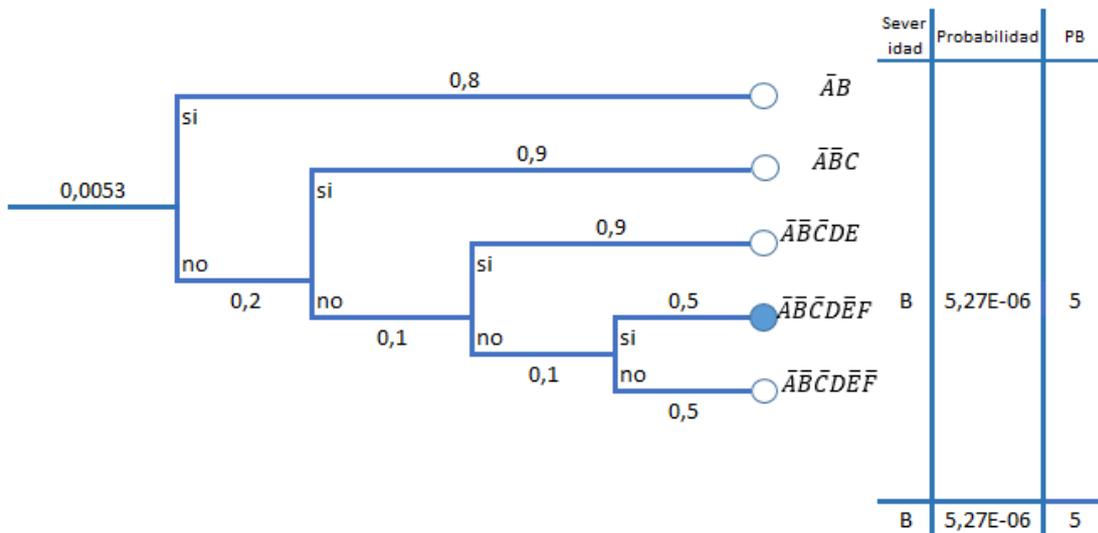
<b>5B</b>	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
-----------	----------------------------	--

Falla de aislamiento	Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Detección y actuación del trabajador, AST, capacitación, etc.	Tensiones de contacto	Eficacia de los EPP
A	B	C	D	E



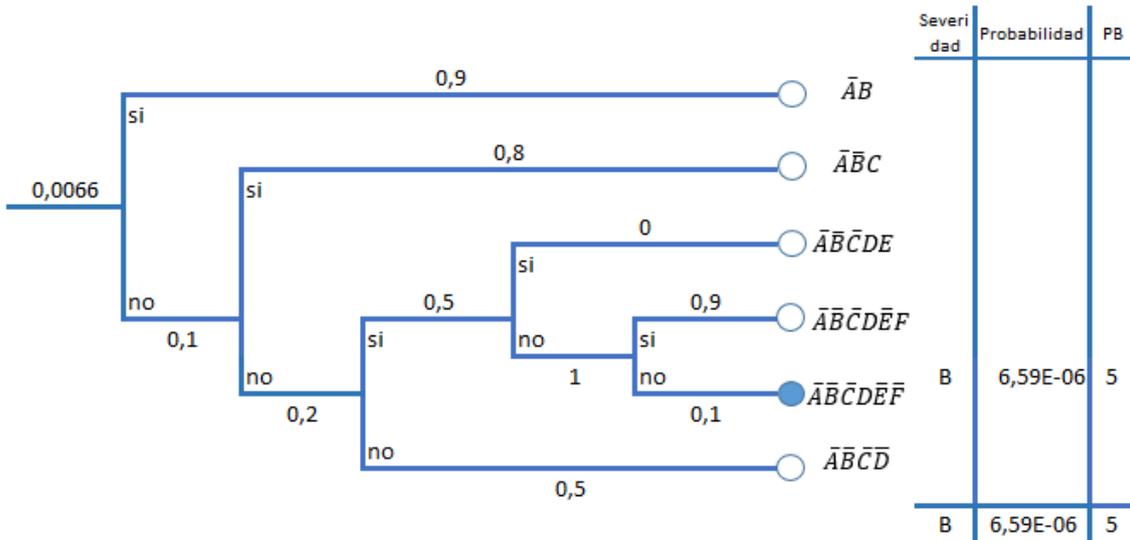
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

Irrespeto a las distancias de seguridad	Eficacia de los AST, permisos, etc	Detector de proximidad se activa	Eficacia de los EPP	Tensión de contacto
A	B	C	D	E



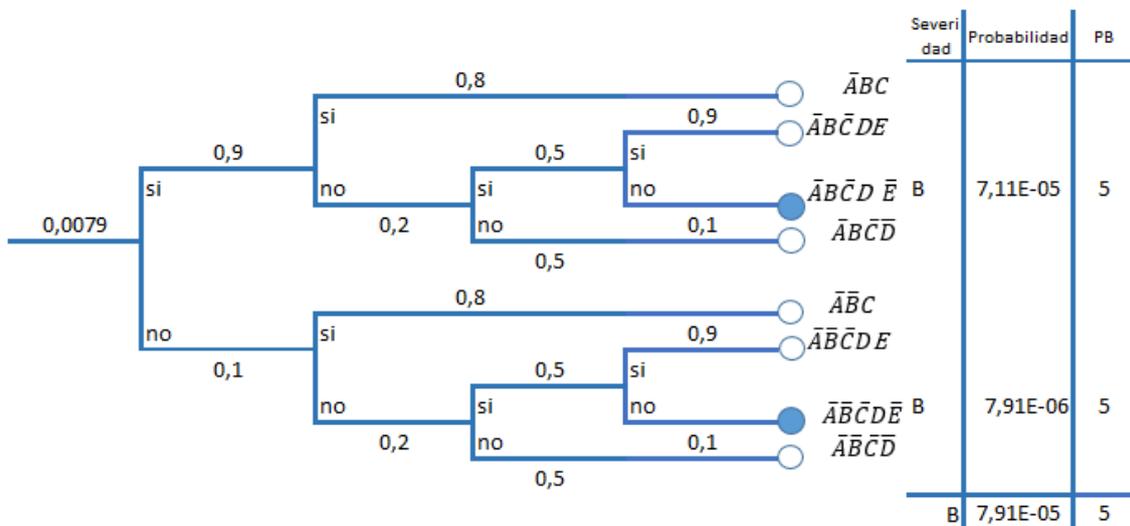
5A	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

Falla a tierra	Actuación del sistema de protección	Eficacia de los AST, permisos, etc	Tensión de paso	Despeje de la falla	Eficacia de los EPP/C
A	B	C	D	E	F



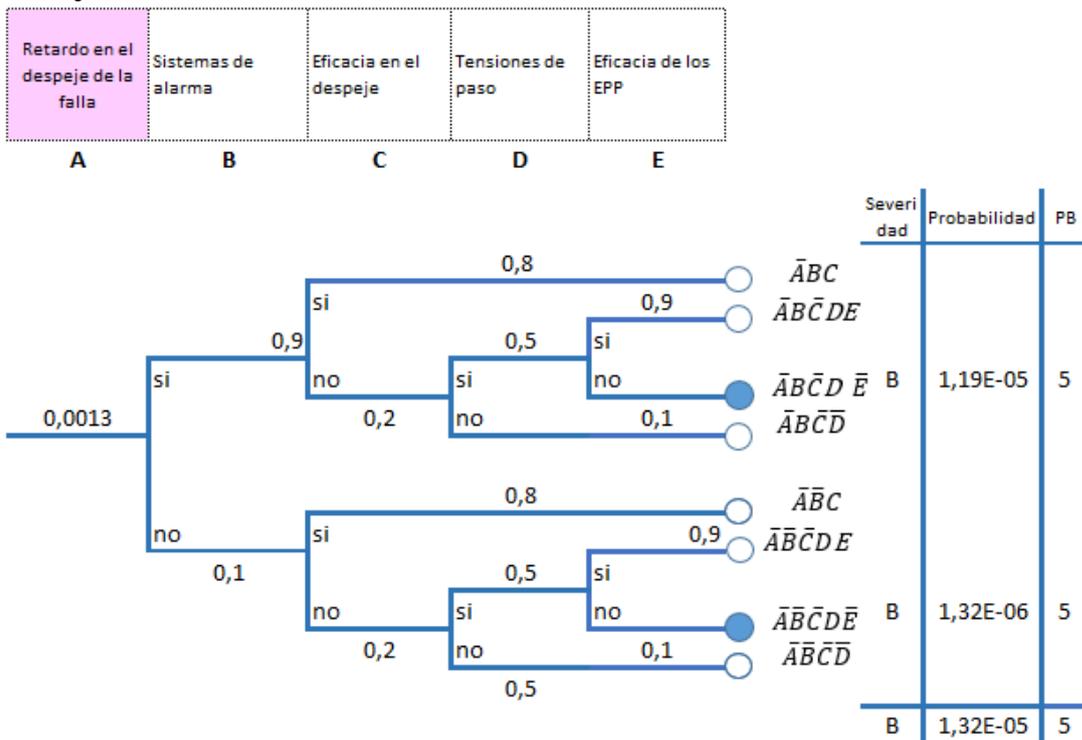
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

Falla de aislamiento	Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Detección y actuación del trabajador, AST, capacitación, etc.	Tensiones de paso	Eficacia de los EPP
A	B	C	D	E



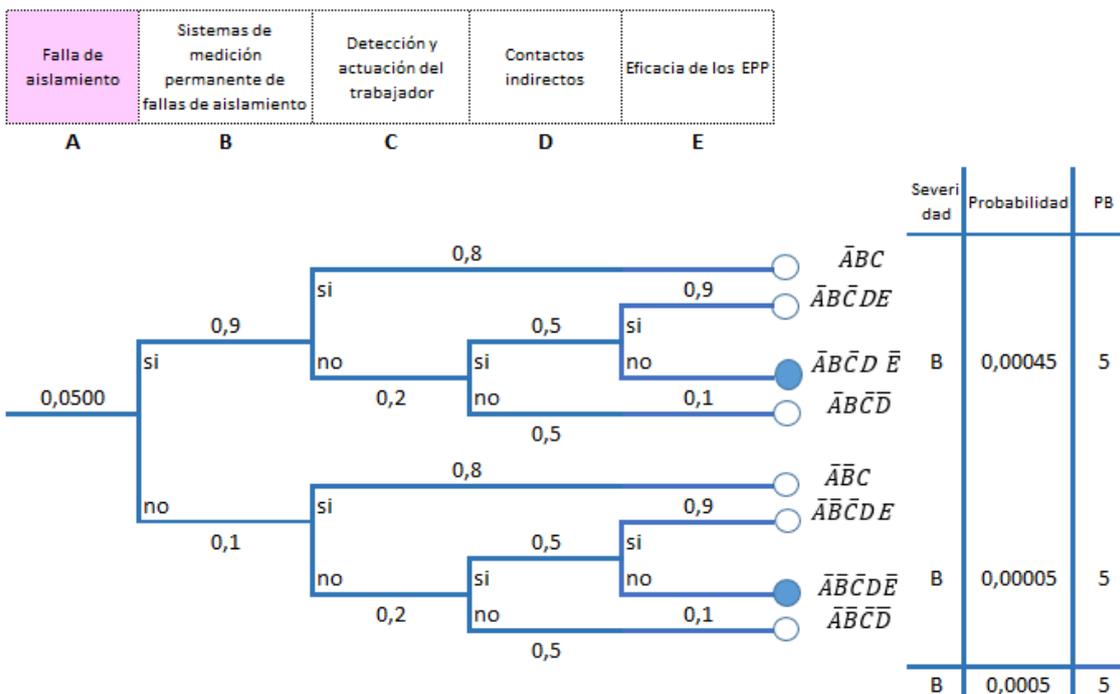
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

### Tendido de cables aislados para redes subterráneas de medio y bajo voltaje

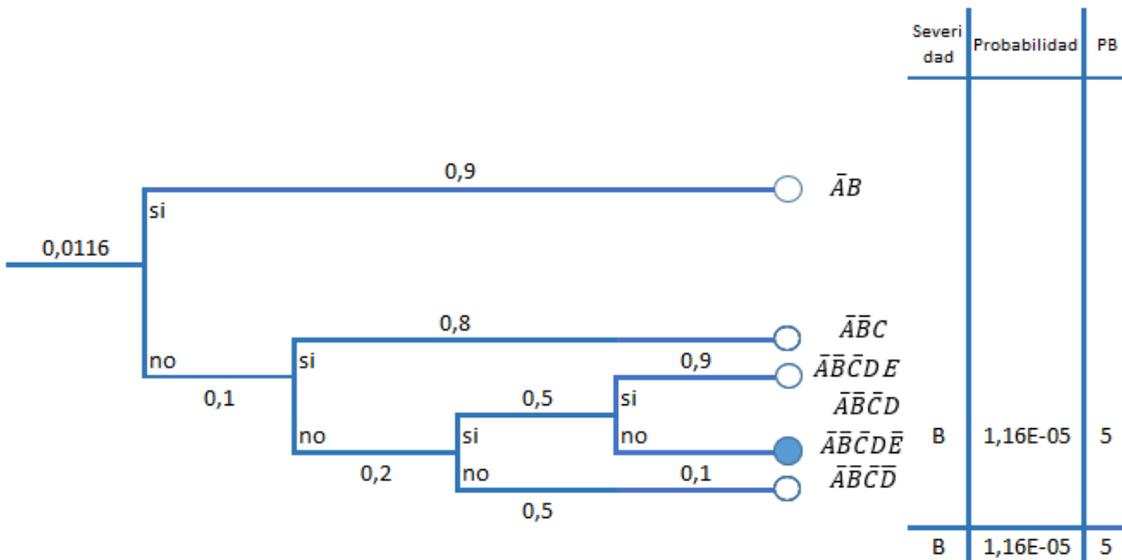
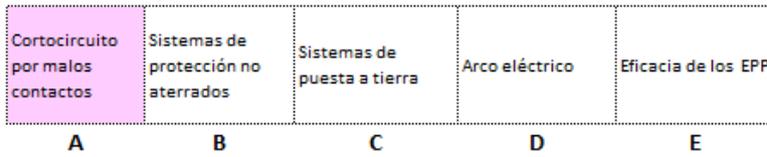


<b>5B</b>	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
-----------	----------------------------	--

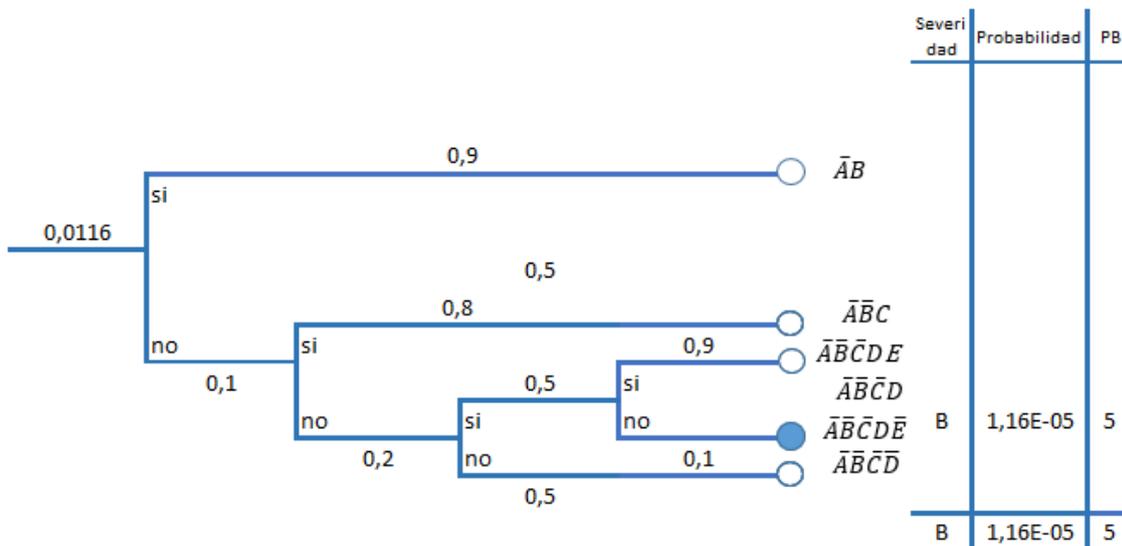
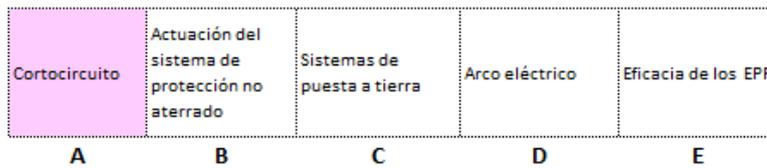
### Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas



<b>5B</b>	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
-----------	----------------------------	--

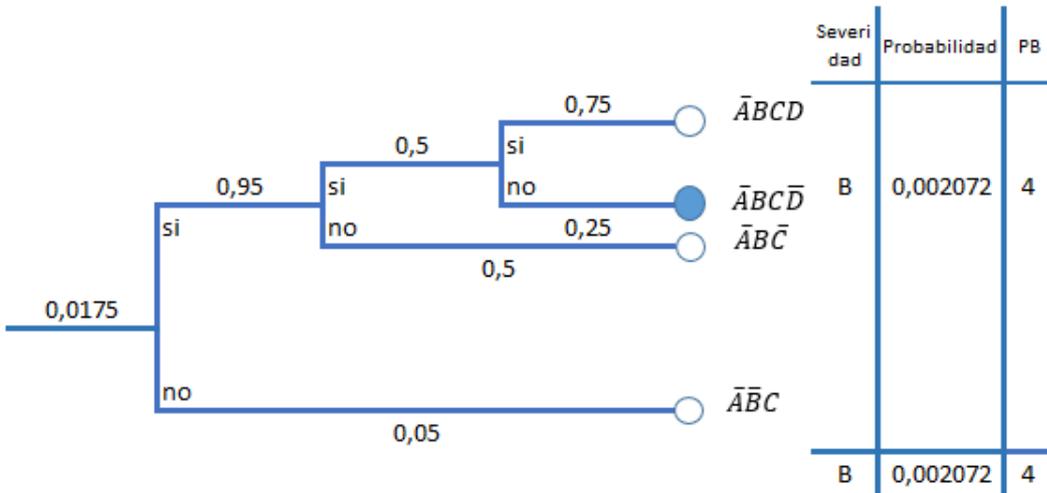


5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



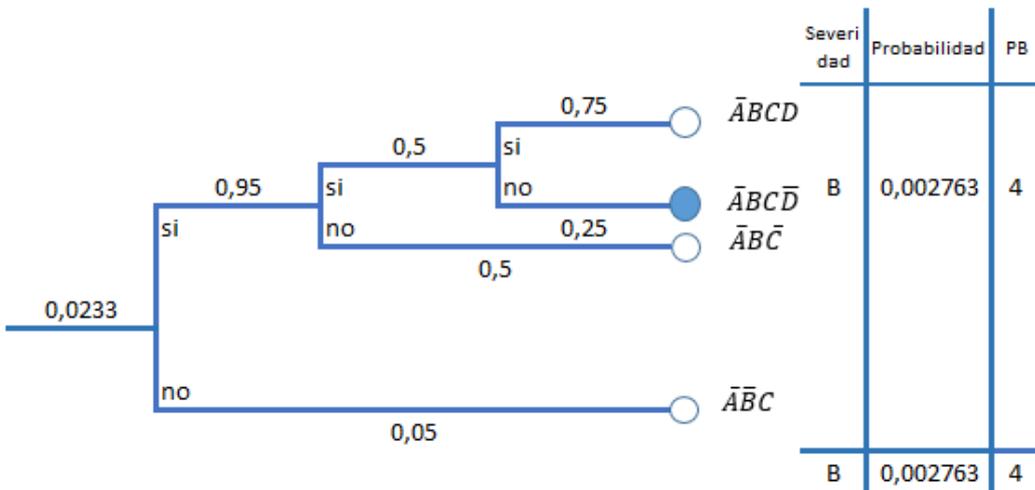
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

Falla sistema de apertura automática	Apertura manual con carga, AST, procedimientos	Arco eléctrico	Eficacia de los EPP
A	B	C	D

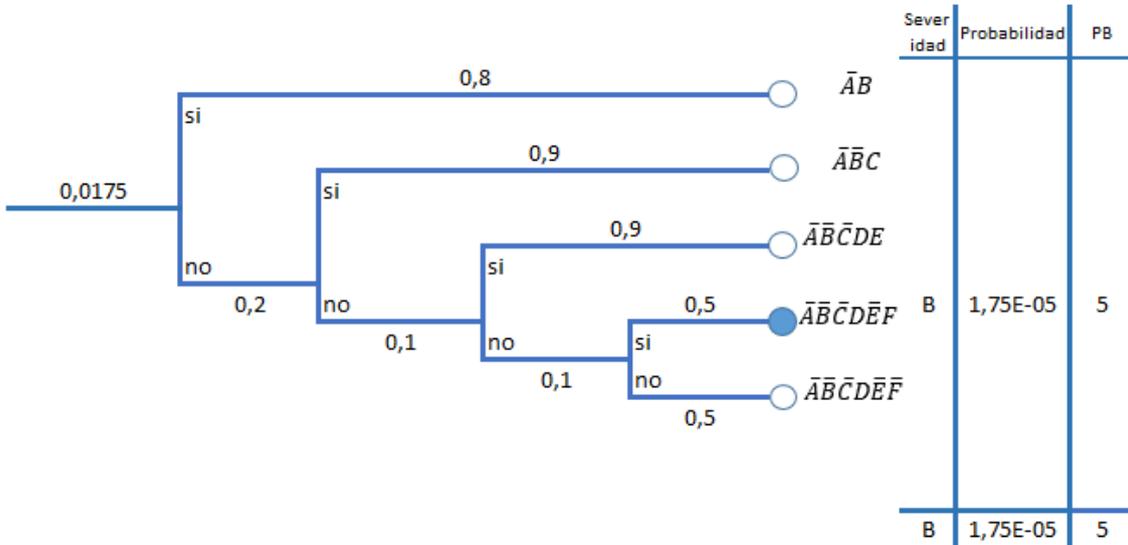
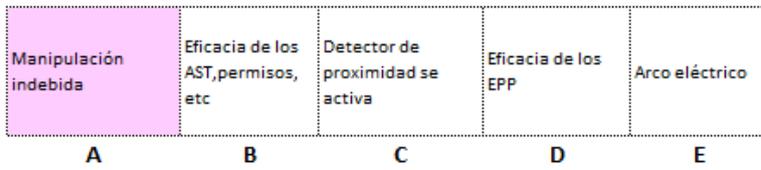


4B	Tolerable bajo observación	Hay poca probabilidad de que ocurra, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

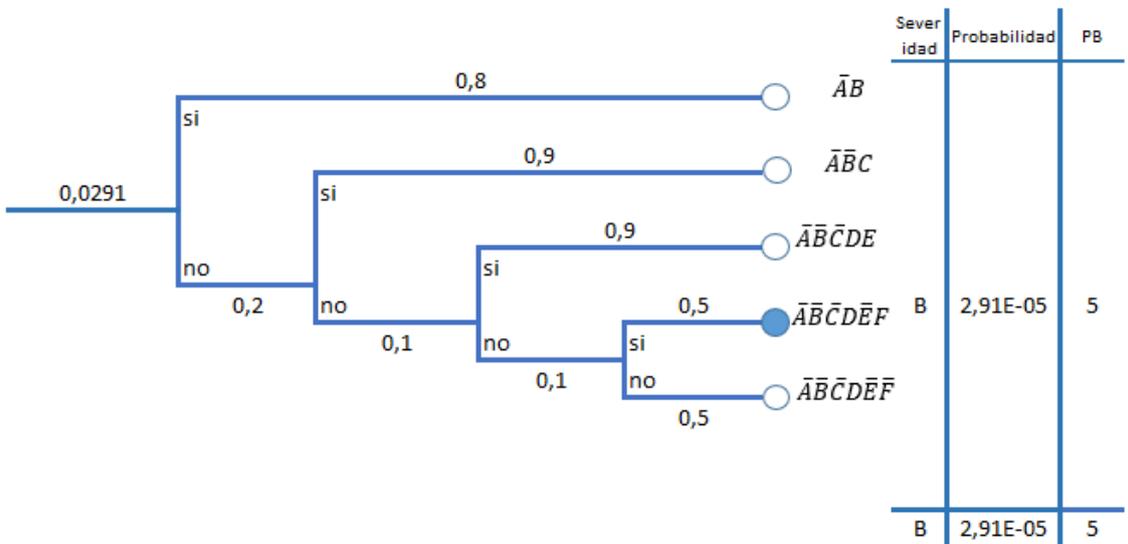
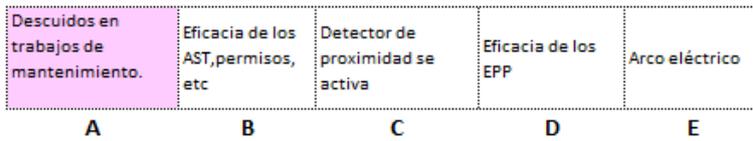
Falla sistema de Apertura de transformador de corriente o potencia	Apertura manual con carga, AST, procedimientos	Arco eléctrico	Eficacia de los EPP
A	B	C	D



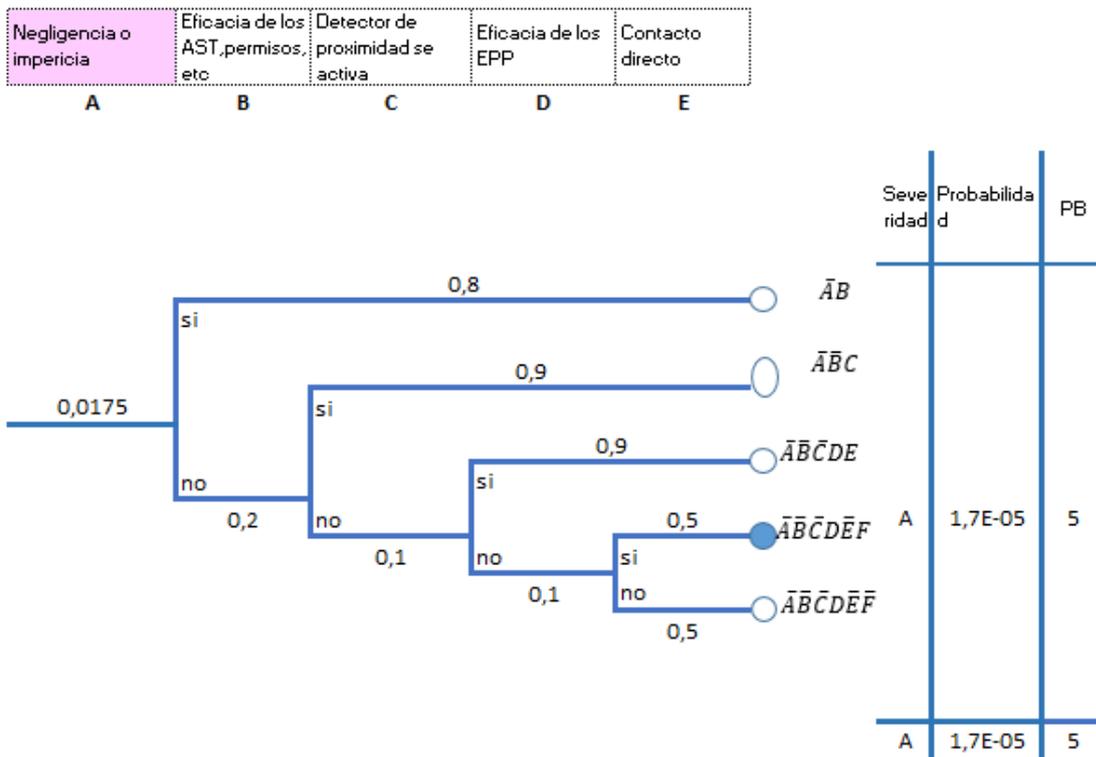
4B	Tolerable bajo observación	Hay poca probabilidad de que ocurra, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



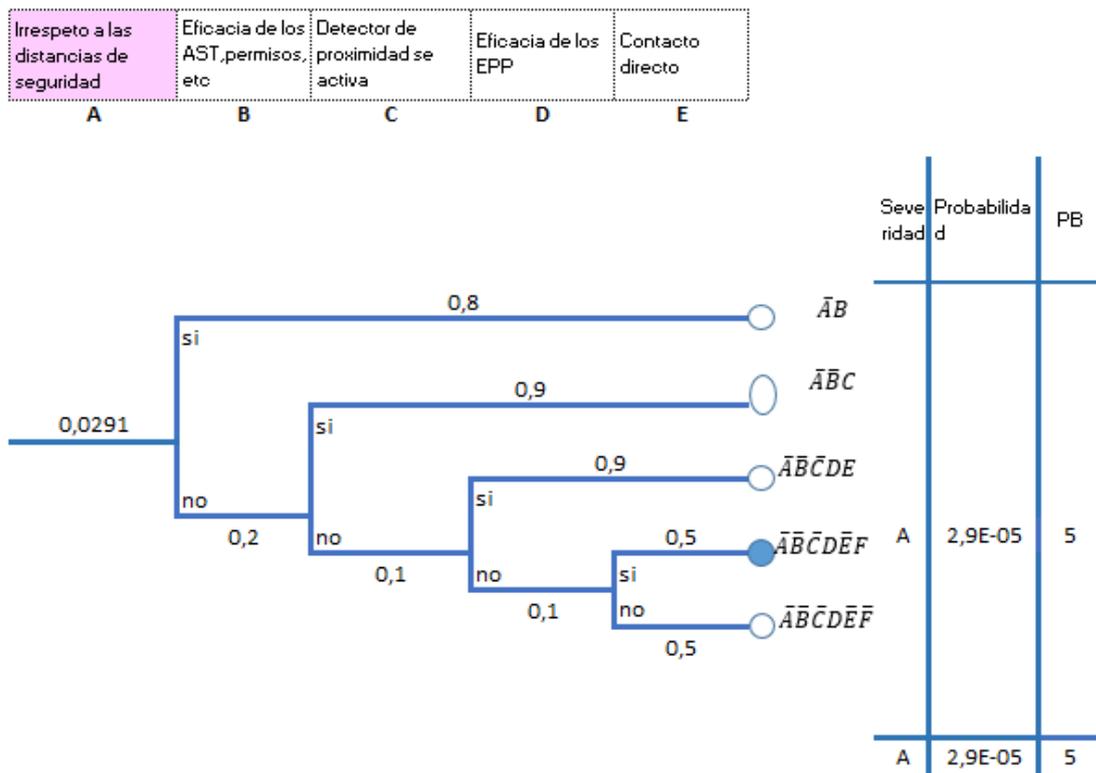
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



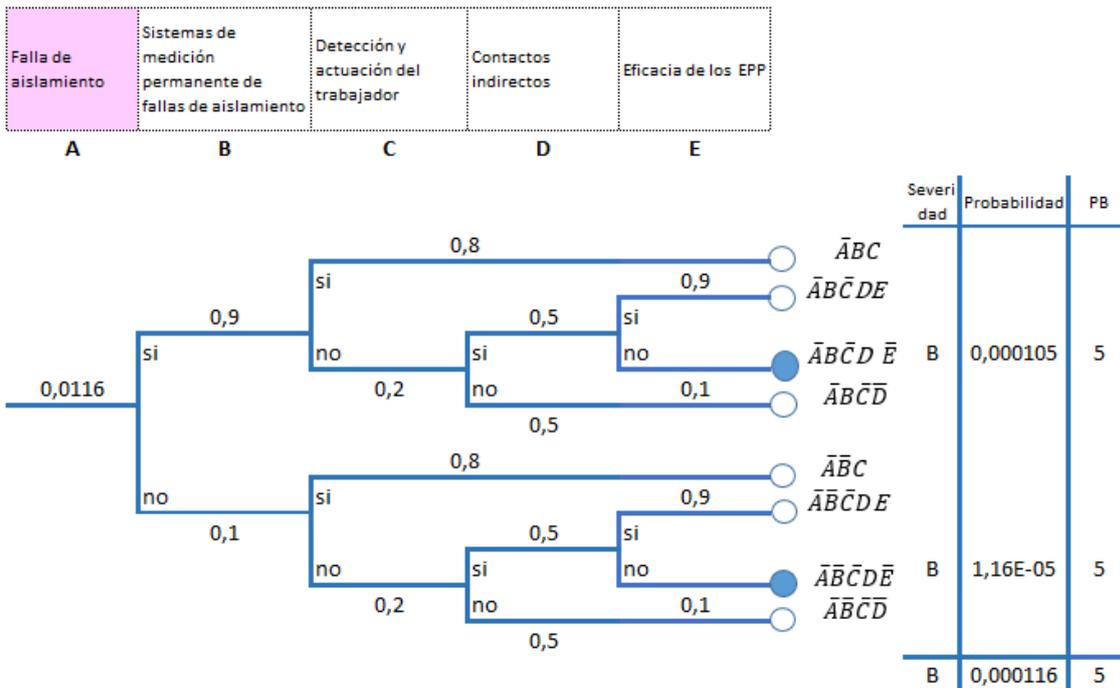
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



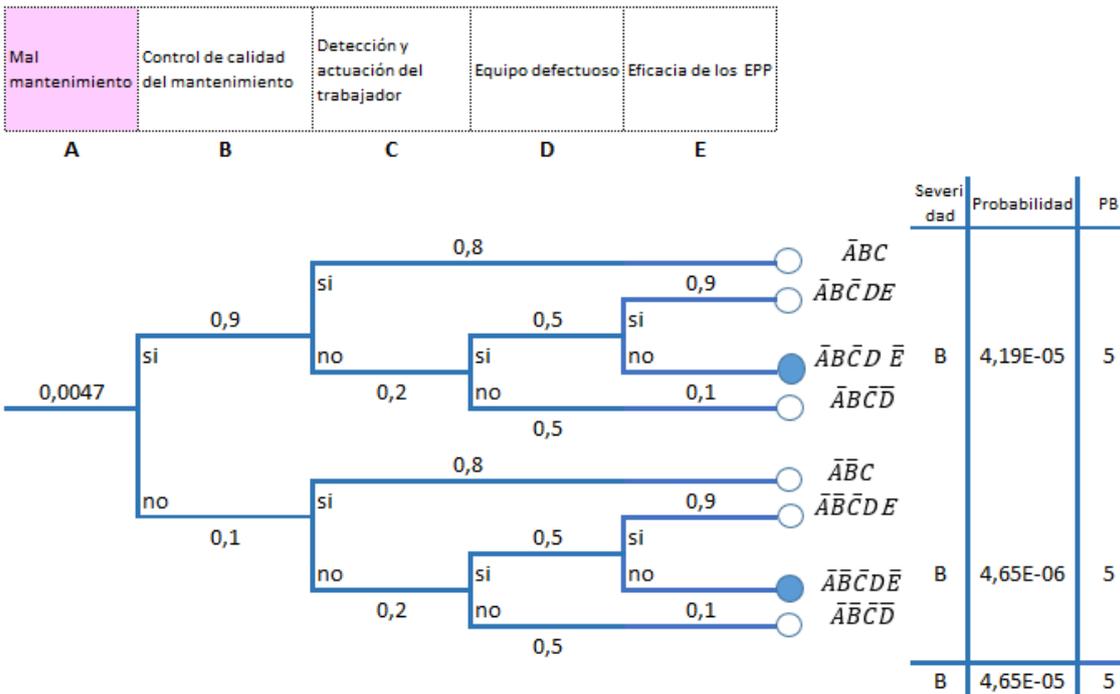
<b>5A</b>	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
-----------	----------------------------	--



<b>5B</b>	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
-----------	----------------------------	--



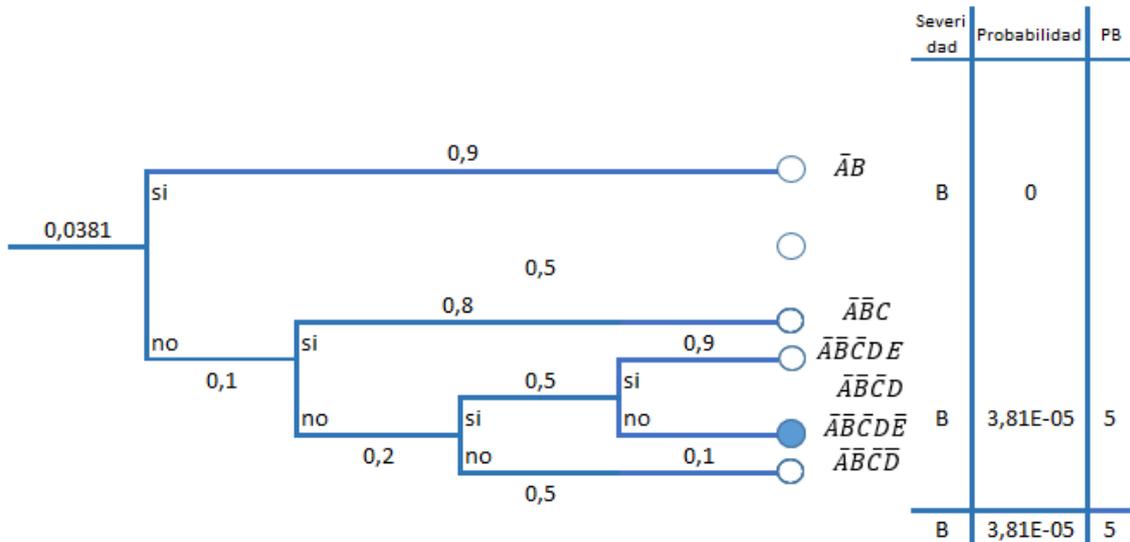
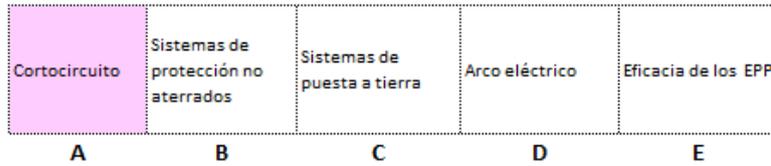
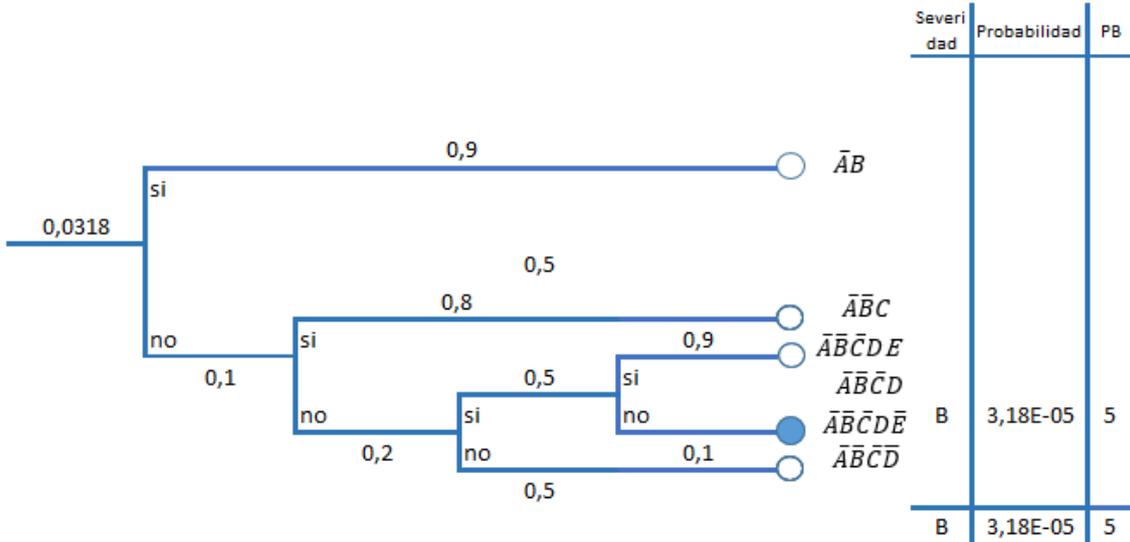
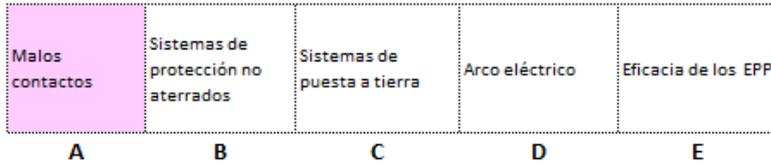
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



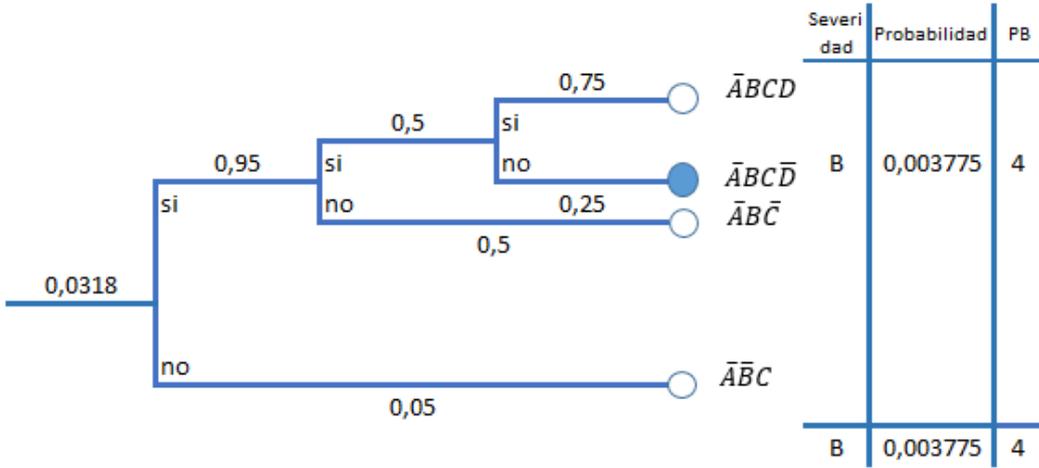
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



### Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas

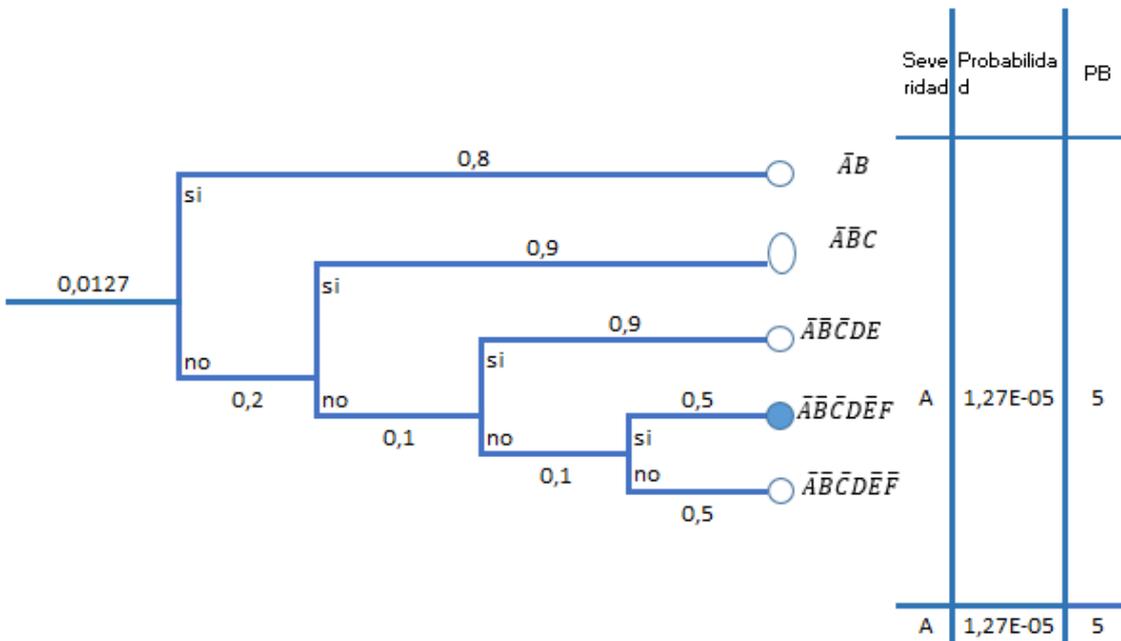


Falla sistema de apertura automática	Apertura manual con carga, AST, procedimientos	Arco eléctrico	Eficacia de los EPP
A	B	C	D

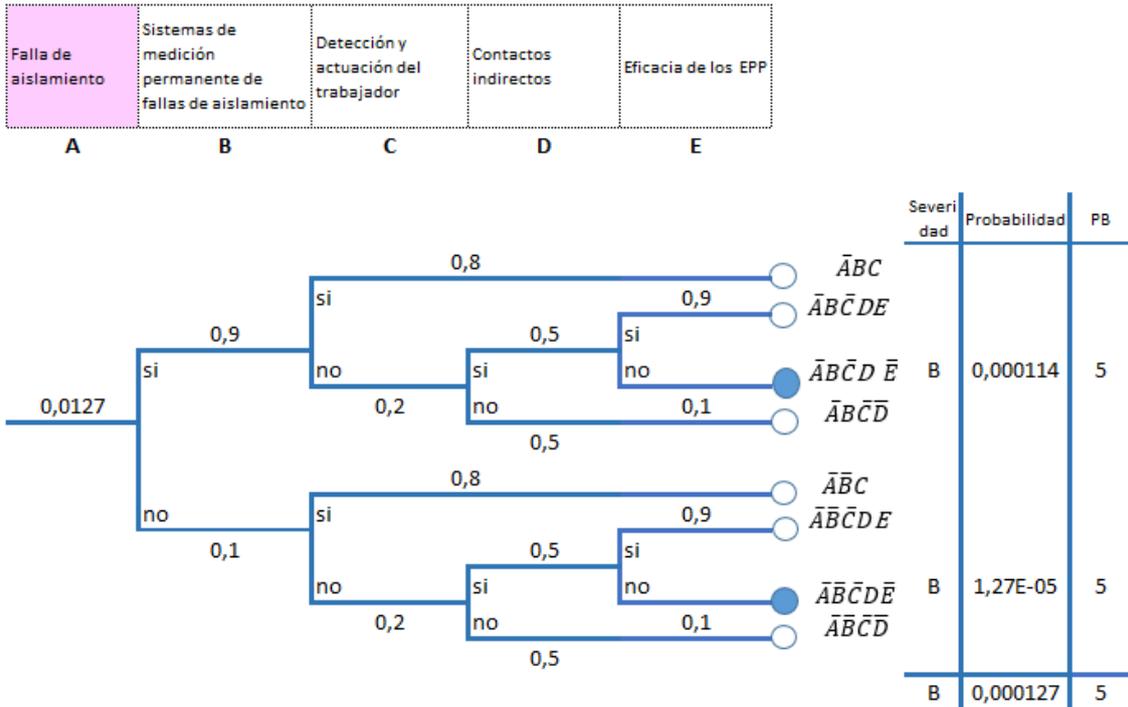


4B	Tolerable bajo observación	Hay poca probabilidad de que ocurra, los sistemas de seguridad se consideran
----	----------------------------	--

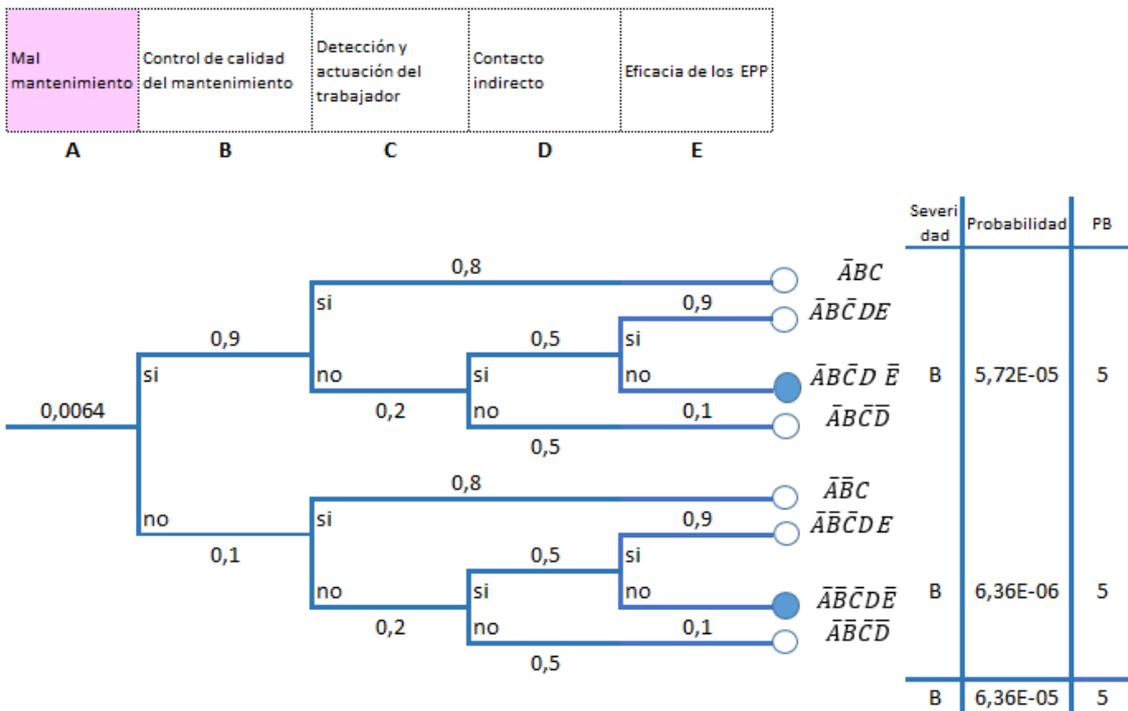
Manipulación indebida	Eficacia de los AST, permisos, etc	Detector de proximidad se activa	Eficacia de los EPP	Contacto directo
A	B	C	D	E



5A	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

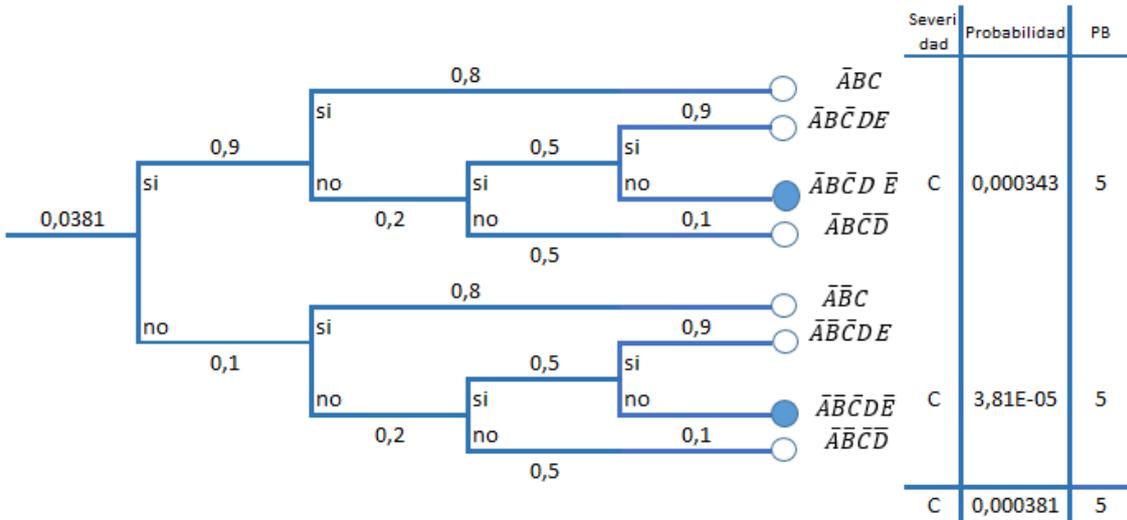


5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



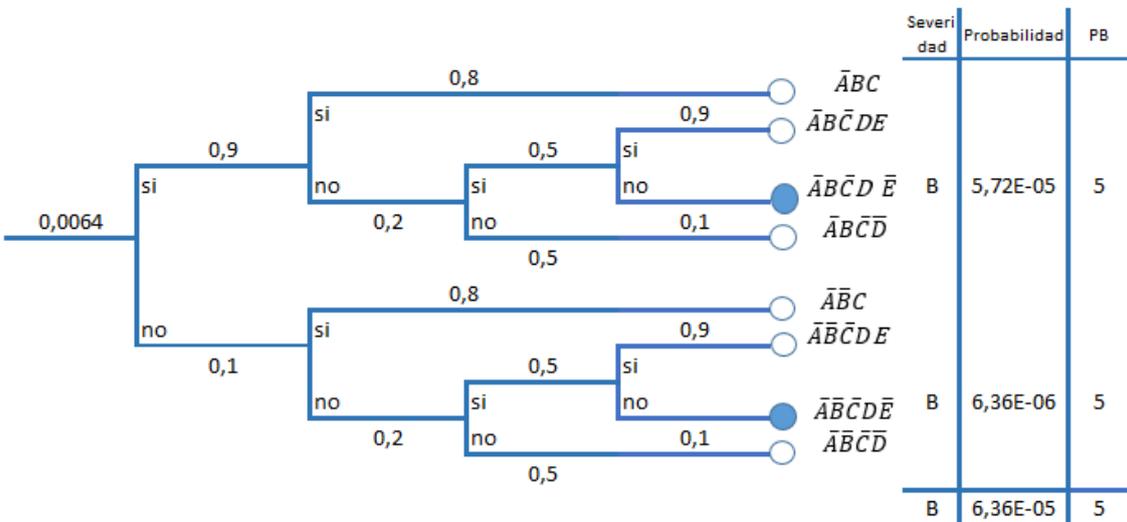
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

Falla de aislamiento	Sistemas de medición permanente de fallas de aislamiento	Detección y actuación del trabajador	Cortocircuito	Eficacia de los EPP
A	B	C	D	E

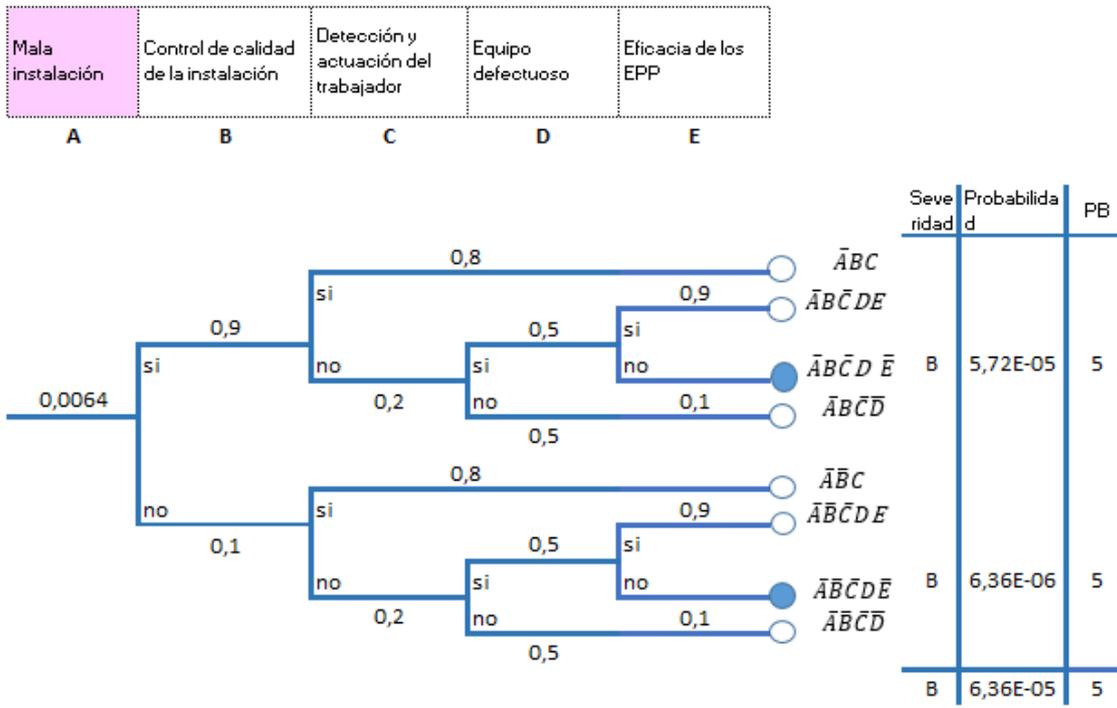


5C	Aceptable	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes, no se considera como incidente grave
----	-----------	--

Mal mantenimiento	Control de calidad del mantenimiento	Detección y actuación del trabajador	Equipo defectuoso	Eficacia de los EPP
A	B	C	D	E

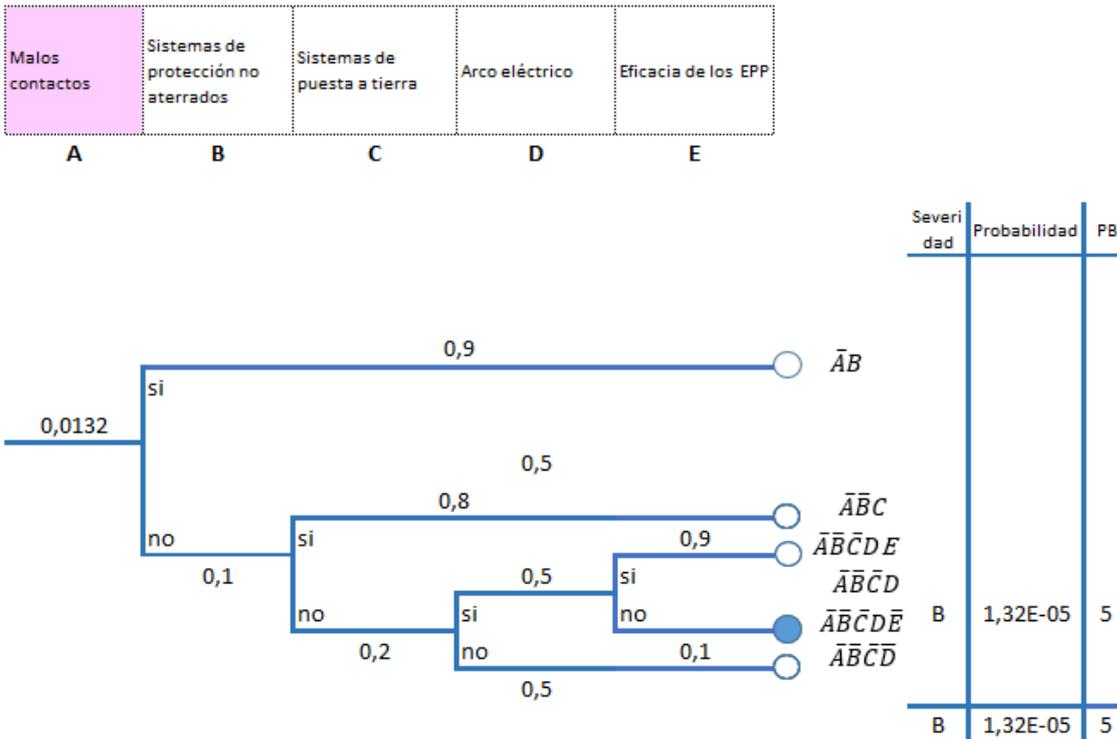


5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



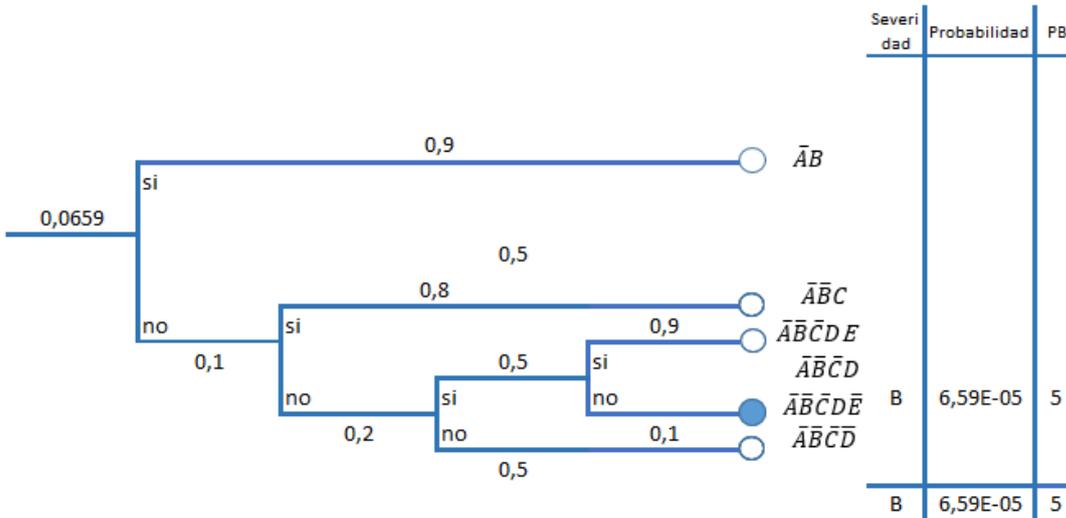
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

### Operación y maniobras en redes subterráneas



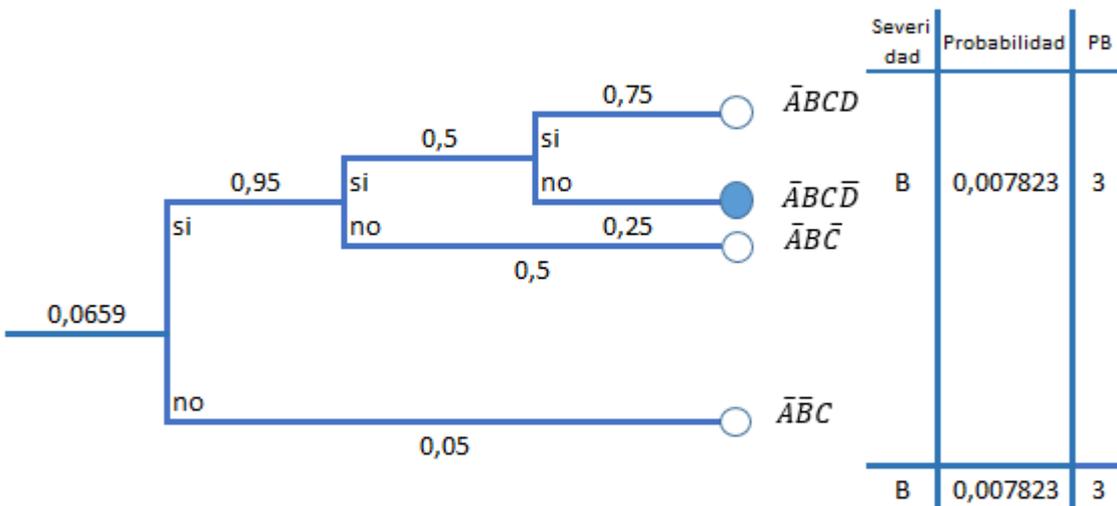
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

Cortocircuito	Sistemas de protección no aterrados	Sistemas de puesta a tierra	Arco eléctrico	Eficacia de los EPP
A	B	C	D	E



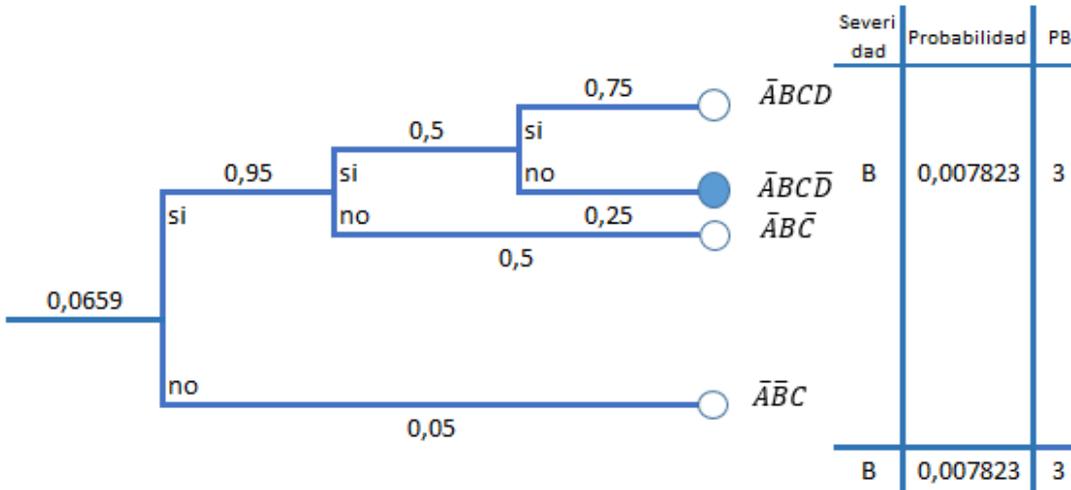
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--

Falla sistema de apertura automática	Apertura manual con carga, AST, procedimientos	Arco eléctrico	Eficacia de los EPP
A	B	C	D



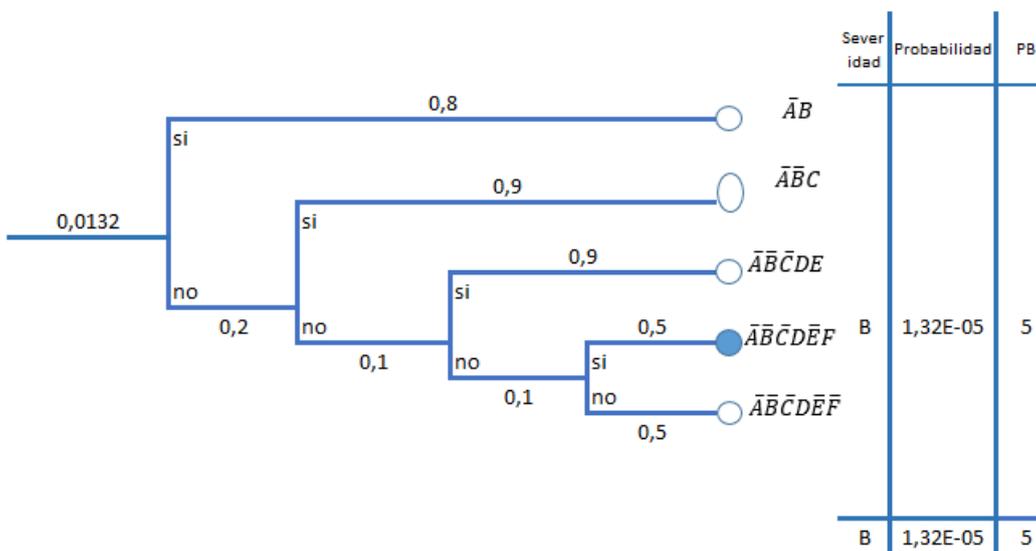
3B	No tolerable	Eventualmente puede ocurrir, necesita un control adicional, mantenimiento preventivo del sistema de apertura automática
----	--------------	---

Falla sistema de Apertura de transformador de corriente o potencia	Apertura manual con carga, AST, procedimientos	Arco eléctrico	Eficacia de los EPP
A	B	D	E

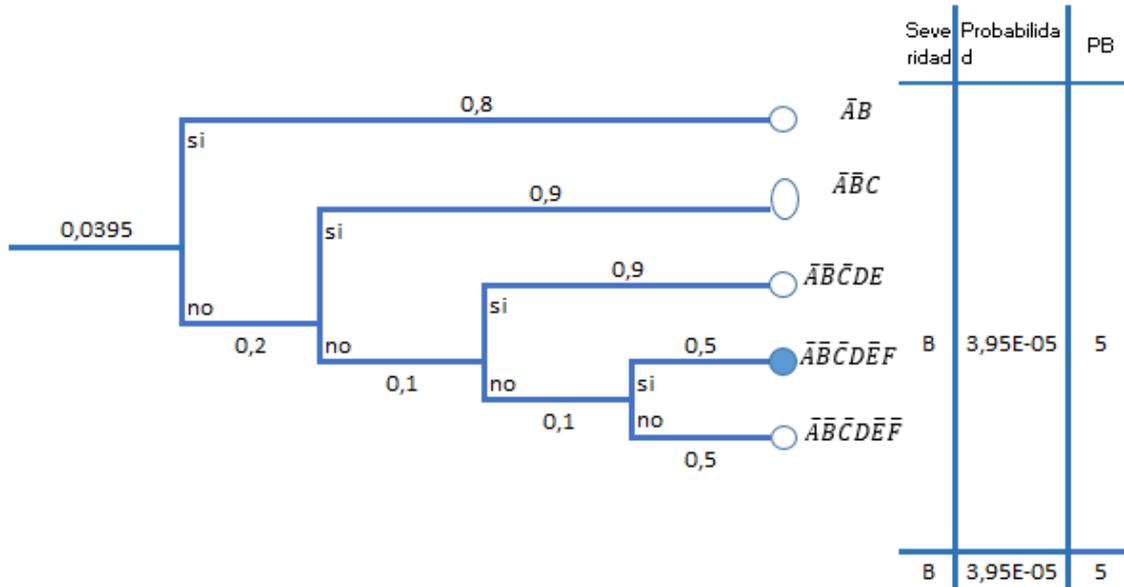
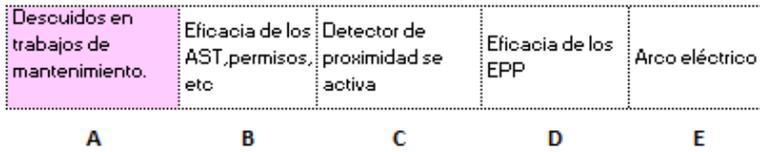


3B	No tolerable	Eventualmente puede ocurrir requiere control adicional, sistema redundante de apertura remota
----	--------------	---

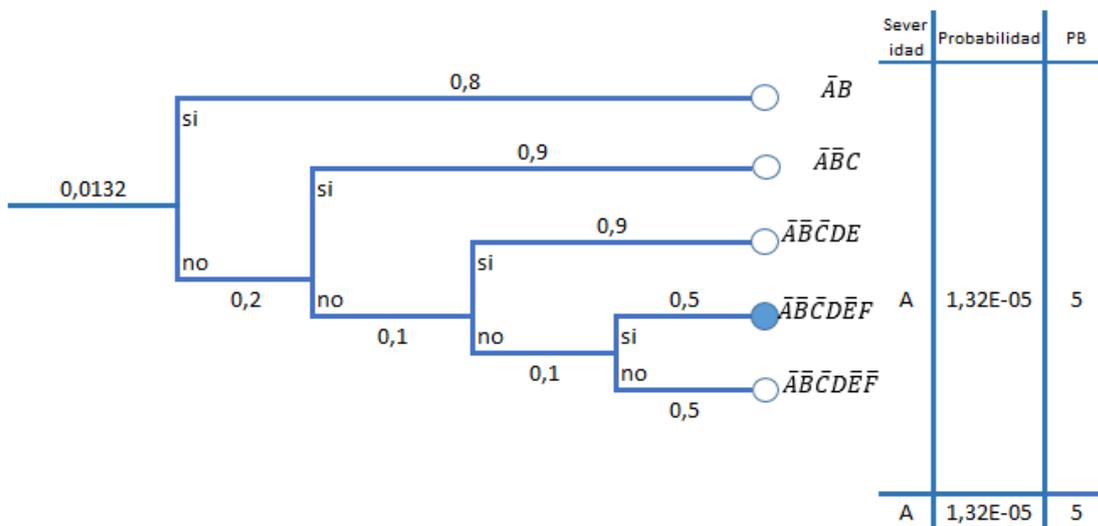
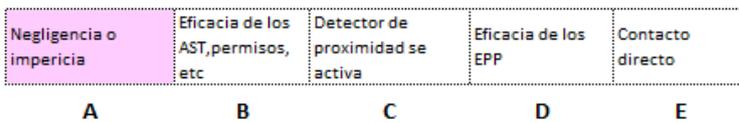
Manipulación indebida	Eficacia de los AST, permisos, etc	Detector de proximidad se activa	Eficacia de los EPP	Arco eléctrico
A	B	C	D	E



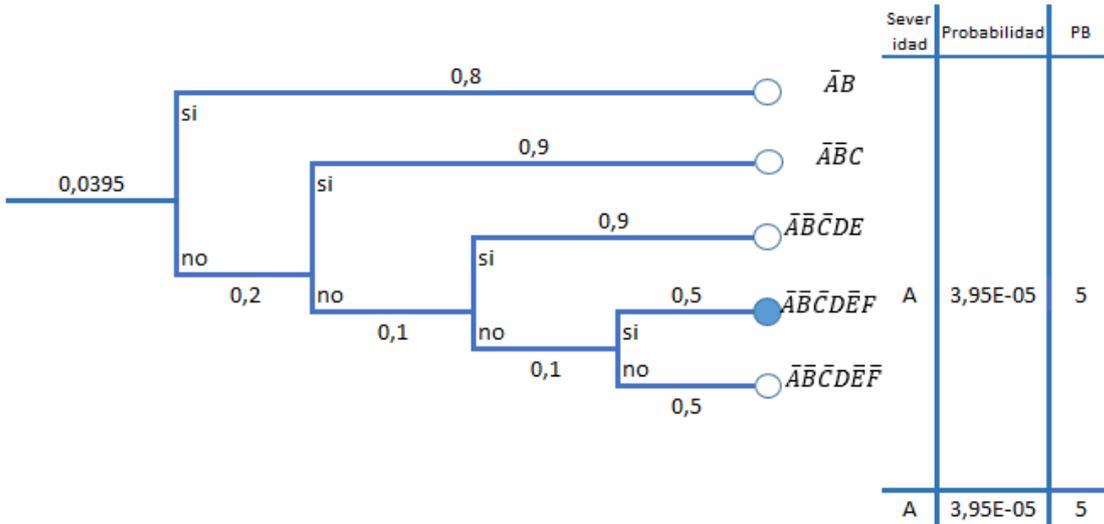
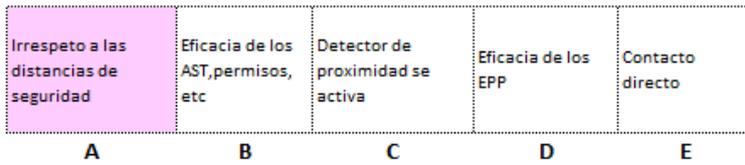
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



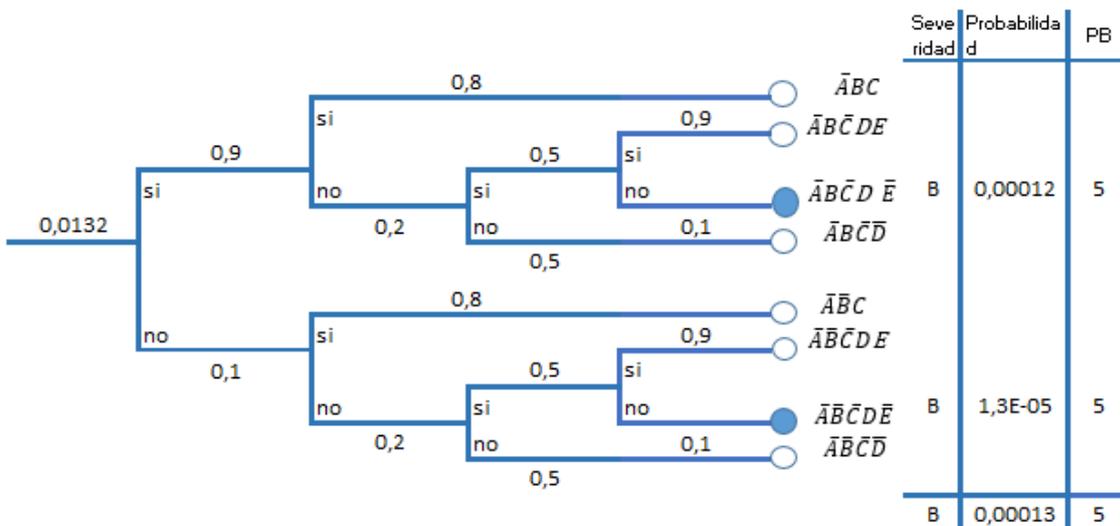
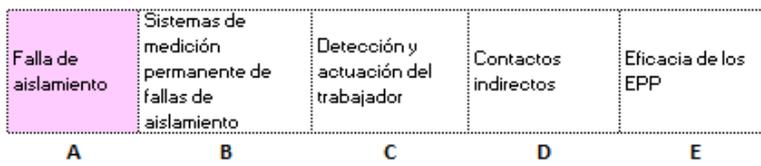
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



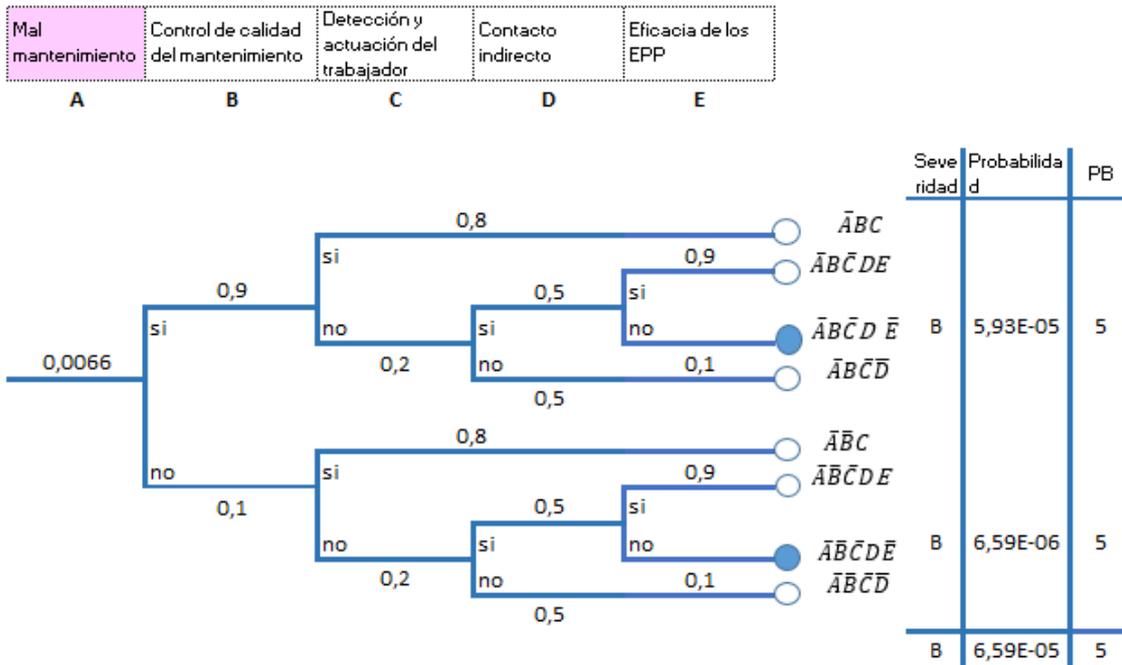
5A	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



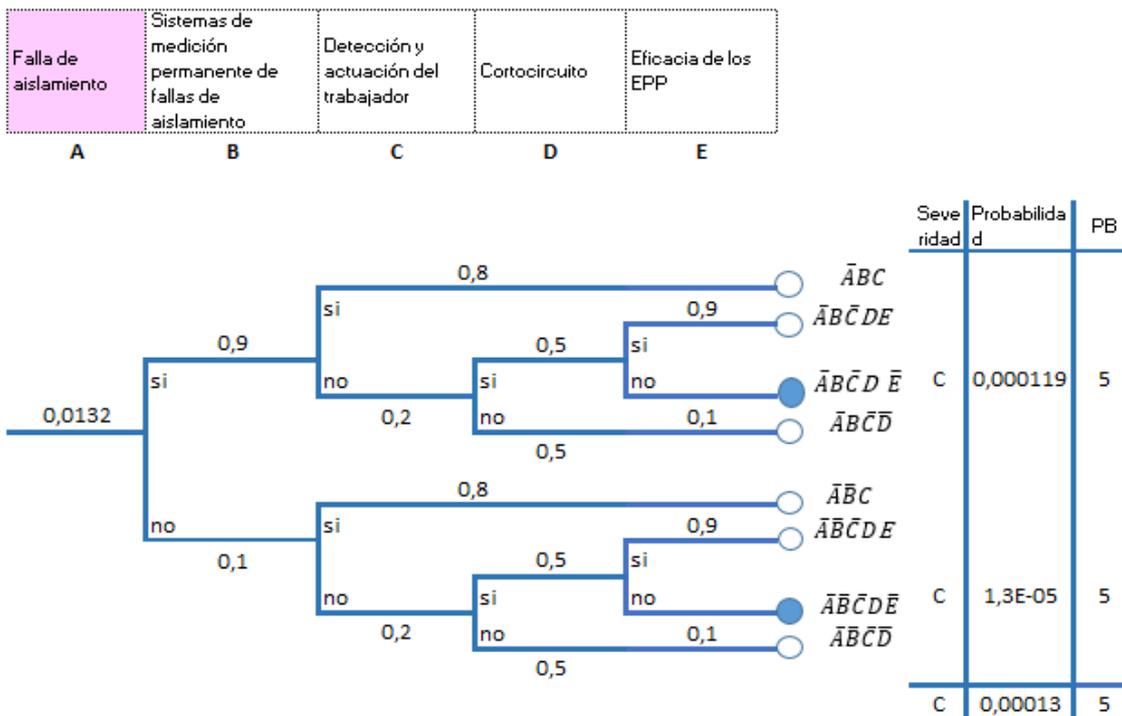
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



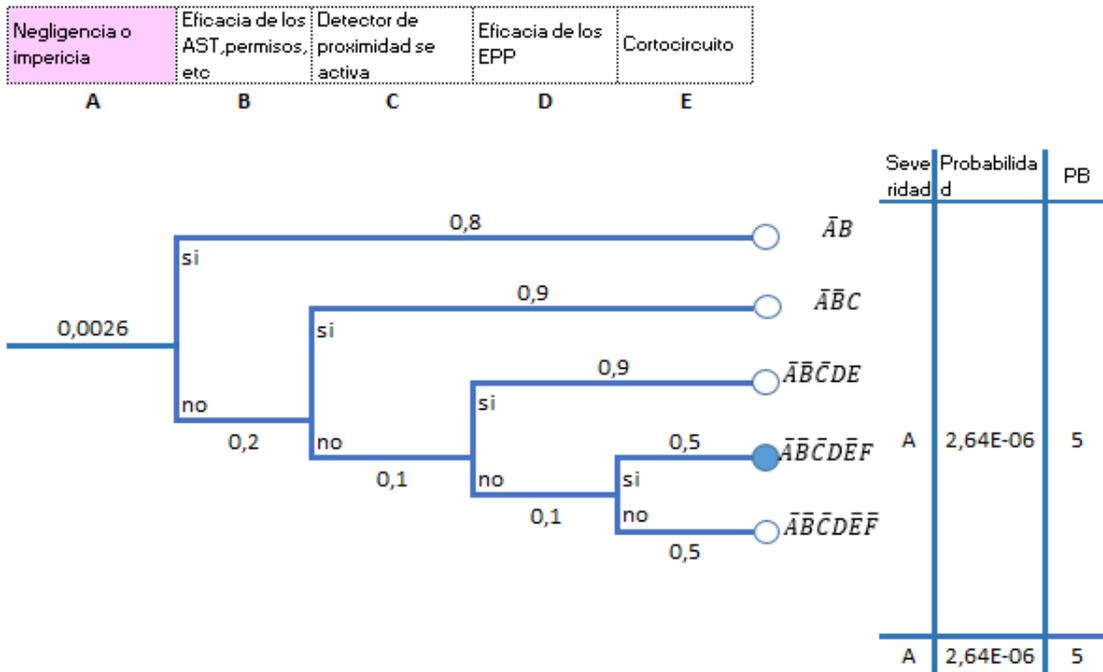
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



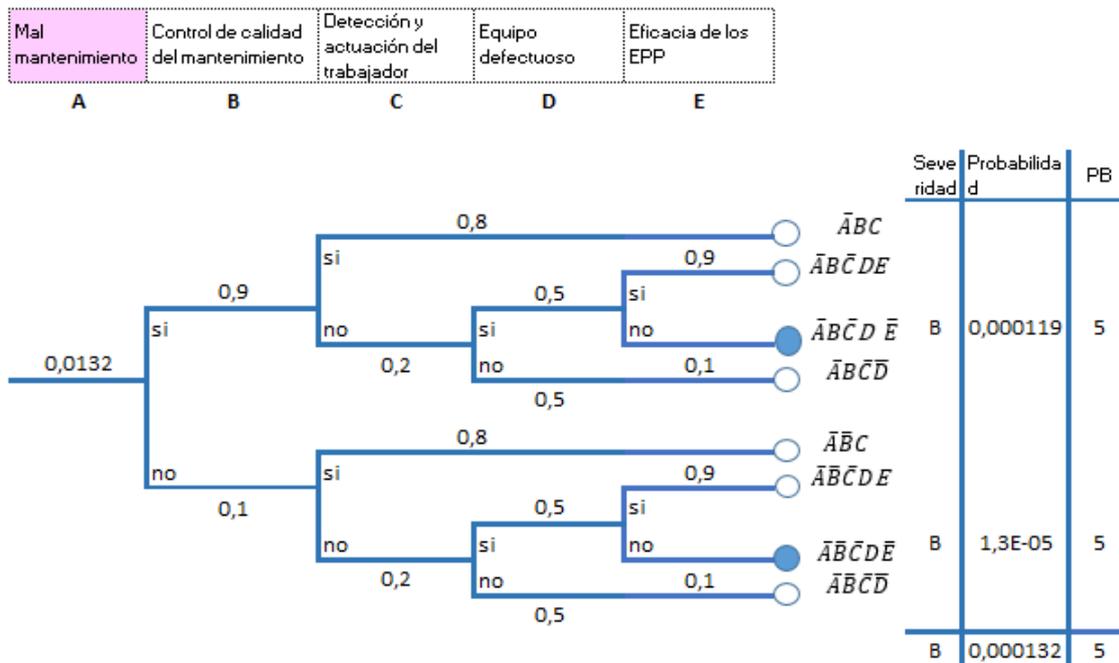
5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



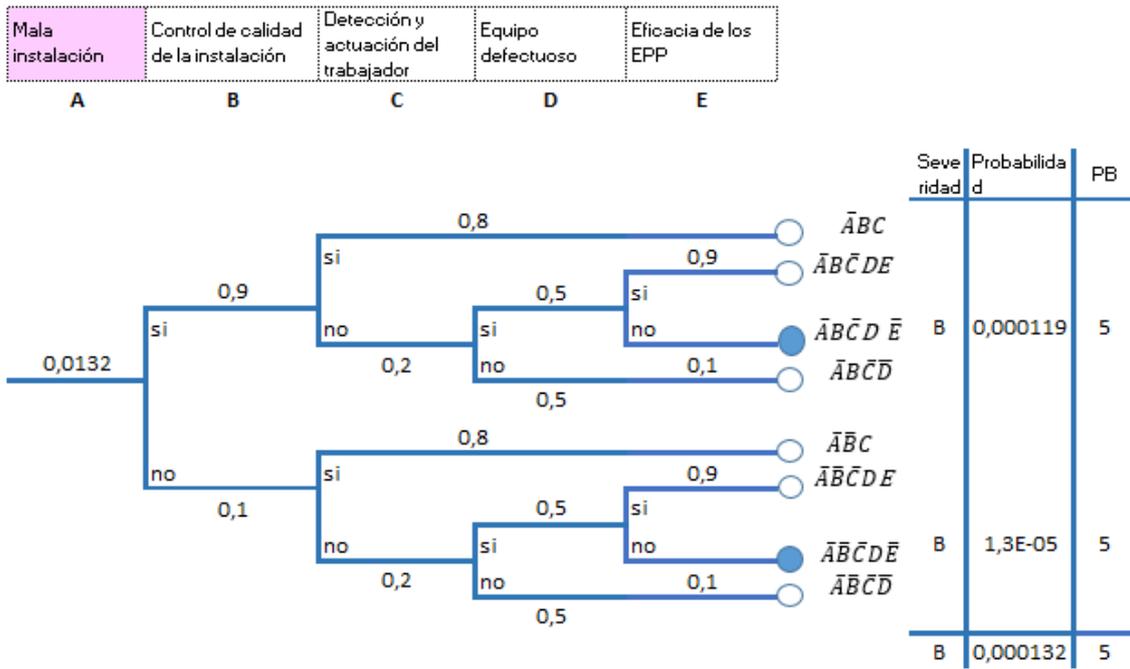
5C	Aceptable	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes, no se considera como incidente grave
----	-----------	--



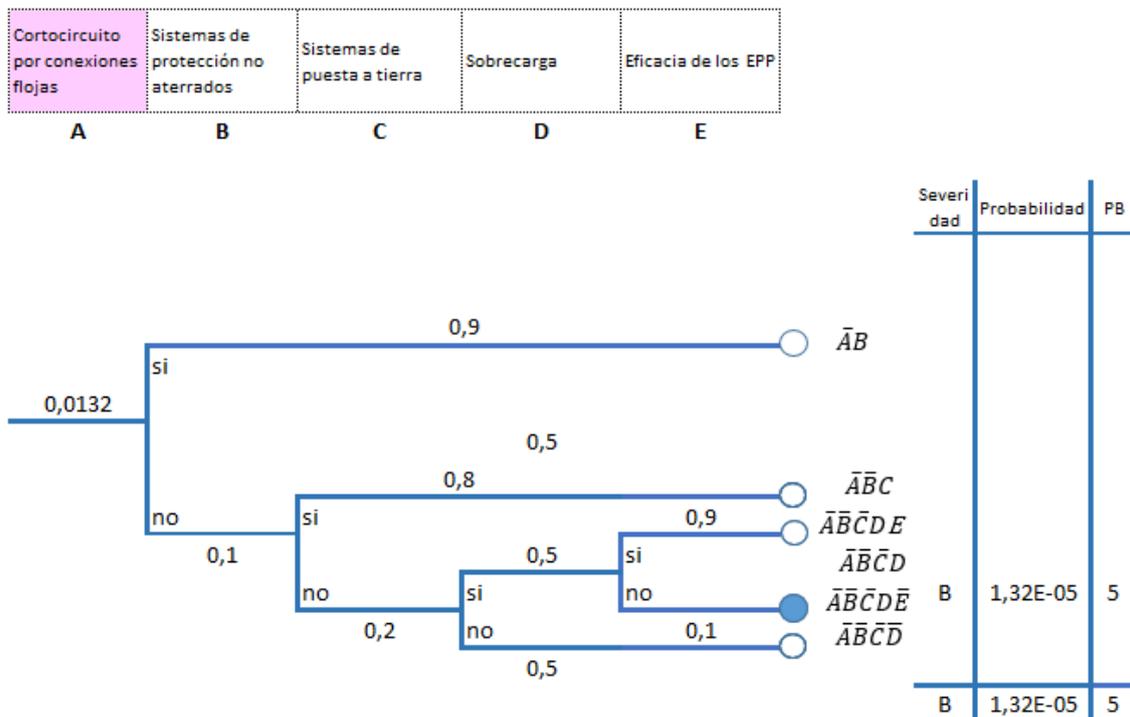
<b>5A</b>	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
-----------	----------------------------	--



<b>5B</b>	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
-----------	----------------------------	--



5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



5B	Tolerable bajo observación	Probabilidad remota, los sistemas de seguridad se consideran suficientes
----	----------------------------	--



**ANEXO XV**  
**LISTADO DE CAUSAS EXPLICITAS EMPRESA ELÉCTRICA**  
**AMBATO R.C.N. S.A AGENCIA AMBATO**



**EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO R.C.N. S.A**  
**SISTEMA DE ATENCION DE RECLAMOS**  
**LISTADO DE CAUSAS EXPLICITAS EEASA**  
**AGENCIA AMBATO**

Fecha 31-08-2011

Fecha 30-05-2023

CAUSA FISICA	NUMERO DE INTERRUPCIONES	TIEMPO (Horas)
INTERNAS	33831	12088301
PROGRAMADAS	2433	554288
MANTENIMIENTO	1500	351784
MANTENIMIENTO	263	76380
AMPLIACIONES	418	115863
AMPLIACIONES	30	9024
MANIOBRAS	396	52942
MANIOBRAS	46	9208
OTRAS	108	32858
OTRAS	61	26624
NO PROGRAMADAS	31398	11534013
Red Medio Voltaje	480	108651
Falla de equipamiento, materiales y accesorios	237	35564
Diseño, Instalación o construcción	20	2982
Protección, medición, supervisión y control	19	2890
Interferencia accidental (contactos, daños) por personal	0	0
Falla humana	0	0
Alteraciones técnicas en voltaje, corriente o frecuencia	0	0
Mantenimiento de equipos y/o líneas de distribución	0	0
Red de Alto Voltaje	79	14883
Interferencia accidental (contactos, daños) por personal	63	11246
Falla humana	13	3558
Alteraciones técnicas en voltaje, corriente o frecuencia	0	0
Diseño, Instalación o construcción	0	0
Protección, medición, supervisión y control	0	0
Falla de equipamiento, materiales y accesorios	0	0
Mantenimiento de equipos y/o líneas de distribución	0	0
Climáticas	2142	900623
Descargas Atmosféricas (Rayos)	237	122093
Lluvia	343	91583
Viento Fuerte	1435	631508
Nieve o Granizo	0	0
Neblina o Humedad	0	0
Radiación Solar	0	0
Ambientales	5026	2737202
Corrosión/sulfatación	2918	1836092
Arboles (sin incluir podas)	1379	653127

CAUSA FISICA	NUMERO DE INTERRUPCIONES	TIEMPO (Horas)
Materiales llevados por el viento (cometas, ramas,	122	40181
Aves	310	39624
Otros Animales	15	1110
Insectos	19	3255
Contaminación Salina	40	23613
Contaminación Industrial	0	0
Incendios no ocasionados por falla eléctrica	0	0
Deslizamiento de tierra/falla geológica	0	0
Inundación	0	0
Movimientos telúricos	0	0
<b>Terceros</b>	<b>1606</b>	<b>469810</b>
Choques de vehiculos	799	286095
Daño o interferencia accidental por trabajos de otras	230	44666
Daños o interferencia intencional	163	60810
Daño o interferencia accidental de particulares	279	53174
Falla en equipamiento y/o instalaciones de	0	0
Fallas, errores de operación en equipamientos,	0	0
Servicio normal	0	0
Daño interno	0	0
<b>Red Bajo Voltaje</b>	<b>6848</b>	<b>2618622</b>
Interferencia accidental (contactos, daños) por personal	2470	894485
Falla humana	118	39357
Alteraciones técnicas en voltaje, corriente o frecuencia	26	5949
Diseño, Instalación o construcción	0	0
Protección, medición, supervisión y control	0	0
Falla de equipamiento, materiales y accesorios	0	0
Mantenimiento de equipos y/o líneas de distribución	0	0
<b>Otras</b>	<b>15164</b>	<b>4680295</b>
Desconocidas	11506	3504240
No Clasificadas	2749	867952
<b>TOTAL</b>	<b>33831</b>	<b>12088301,00</b>

**ANEXO XVI**  
**MATRIZ DE CONTRASTE DE PROBABILIDAD CON Y SIN MEDIDAS DE CONTROL**

Evento iniciador	Factor de riesgo	Operaciones donde se pueden presentar estos factores	No de eventos presentados	No. De operaciones	Probabilidad estimada	Porcentaje	Pb	Nivel de Probabilidad sin medidas de control	Pb	Nivel de Probabilidad con medidas de control
fallas a tierra	Tensión de paso	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	4	1719	0,00232693	0,23%	4	Poco probable	5	Altamente improbable
retardo en el despeje de la falla	Tensión de paso	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	1	1719	0,00058173	0,06%	5	Altamente improbable	5	Altamente improbable
Descuidos en trabajos de mantenimiento	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	5	1573	0,00317864	0,32%	4	Poco probable	5	Altamente improbable
Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	2	1573	0,00127146	0,13%	4	Poco probable	5	Altamente improbable
Negligencia o impericia	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	3	1573	0,00190718	0,19%	4	Poco probable	5	Altamente improbable
fallas a tierra	Tensión de contacto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	2	1573	0,00127146	0,13%	4	Poco probable	5	Altamente improbable
Irrespeto distancias de seguridad	Tensión de contacto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	1	1573	0,00063573	0,06%	5	Altamente improbable	5	Altamente improbable
fallas a tierra	Tensión de paso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	3	1573	0,00190718	0,19%	4	Poco probable	5	Altamente improbable

Factores ambientales o externos	Tensión de paso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	4	1573	0,00254291	0,25%	4	Poco probable	5	Altamente improbable
retardo en el despeje de la falla	Tensión de paso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	2	1573	0,00127146	0,13%	4	Poco probable	5	Altamente improbable
fallas a tierra	Tensión de contacto	Operación y maniobras en redes subterráneas	2	759	0,00263505	0,26%	4	Poco probable	5	Altamente improbable
Fallas de aislamiento	Tensión de contacto	Operación y maniobras en redes subterráneas	10	759	0,01317523	1,32%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Irrespeto distancias de seguridad	Tensión de contacto	Operación y maniobras en redes subterráneas	4	759	0,00527009	0,53%	3	Escaso	5	Altamente improbable
fallas a tierra	Tensión de paso	Operación y maniobras en redes subterráneas	5	759	0,00658762	0,66%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Fallas de aislamiento	Tensión de paso	Operación y maniobras en redes subterráneas	6	759	0,00790514	0,79%	3	Escaso	5	Altamente improbable
retardo en el despeje de la falla	Tensión de paso	Operación y maniobras en redes subterráneas	1	759	0,00131752	0,13%	4	Poco probable	5	Altamente improbable
					-	-	-	-	-	-
Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Tendido de cables aislados para redes subterráneas de medio y bajo voltaje	50	1000	0,05	5,00%	2	Ocasional	5	Altamente improbable
Malos contactos	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	20	1719	0,01163467	1,16%	3	Escaso	5	Altamente improbable
cortocircuitos	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	20	1719	0,01163467	1,16%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Aperturas con carga	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	30	1719	0,01745201	1,75%	3	Escaso	4	Poco probable
Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	40	1719	0,02326934	2,33%	2	Ocasional	4	Poco probable

Manipulación indebida	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	30	1719	0,01745201	1,75%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Descuidos en trabajos de mantenimiento	Arcos eléctricos	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	50	1719	0,02908668	2,91%	2	Ocasional	5	Altamente improbable
Negligencia o impericia	Contacto directo	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	30	1719	0,01745201	1,75%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	50	1719	0,02908668	2,91%	2	Ocasional	5	Altamente improbable
Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	20	1719	0,01163467	1,16%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Mal mantenimiento	Equipo defectuoso	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	8	1719	0,00465387	0,47%	4	Poco probable	5	Altamente improbable
fallas a tierra	Tensión de contacto	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	30	1719	0,01745201	1,75%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Irrespeto distancias de seguridad	Tensión de contacto	Montajes e instalaciones de dispositivos y equipos para redes subterráneas	50	1719	0,02908668	2,91%	2	Ocasional	5	Altamente improbable
Malos contactos	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	50	1573	0,0317864	3,18%	2	Ocasional	5	Altamente improbable
cortocircuitos	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	60	1573	0,03814367	3,81%	2	Ocasional	5	Altamente improbable
Aperturas con carga	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	50	1573	0,0317864	3,18%	2	Ocasional	4	Poco probable

Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	50	1573	0,0317864	3,18%	2	Ocasional	4	Poco probable
Manipulación indebida	Contacto directo	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	20	1573	0,01271456	1,27%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	20	1573	0,01271456	1,27%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Mal mantenimiento	Contacto indirecto	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	10	1573	0,00635728	0,64%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Fallas de aislamiento	Cortocircuito	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	60	1573	0,03814367	3,81%	2	Ocasional	5	Altamente improbable
Mal mantenimiento	Equipo defectuoso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	10	1573	0,00635728	0,64%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Mala instalación	Equipo defectuoso	Mantenimientos preventivos y correctivos en redes subterráneas	10	1573	0,00635728	0,64%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Malos contactos	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	10	759	0,01317523	1,32%	3	Escaso	5	Altamente improbable
cortocircuitos	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	50	759	0,06587615	6,59%	1	Frecuente	5	Altamente improbable
Aperturas con carga	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	50	759	0,06587615	6,59%	1	Frecuente	3	Escaso
Aperturas de transformadores de corriente o potencia	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	50	759	0,06587615	6,59%	1	Frecuente	3	Escaso
Manipulación indebida	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	10	759	0,01317523	1,32%	3	Escaso	5	Altamente improbable

Descuidos en trabajos de mantenimiento	Arcos eléctricos	Operación y maniobras en redes subterráneas	30	759	0,03952569	3,95%	2	Ocasional	5	Altamente improbable
Negligencia o impericia	Contacto directo	Operación y maniobras en redes subterráneas	10	759	0,01317523	1,32%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Irrespeto distancias de seguridad	Contacto directo	Operación y maniobras en redes subterráneas	30	759	0,03952569	3,95%	2	Ocasional	5	Altamente improbable
Fallas de aislamiento	Contacto indirecto	Operación y maniobras en redes subterráneas	10	759	0,01317523	1,32%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Mal mantenimiento	Contacto indirecto	Operación y maniobras en redes subterráneas	5	759	0,00658762	0,66%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Fallas de aislamiento	Cortocircuito	Operación y maniobras en redes subterráneas	10	759	0,01317523	1,32%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Negligencia o impericia	Cortocircuito	Operación y maniobras en redes subterráneas	2	759	0,00263505	0,26%	4	Poco probable	5	Altamente improbable
Mal mantenimiento	Equipo defectuoso	Operación y maniobras en redes subterráneas	10	759	0,01317523	1,32%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Mala instalación	Equipo defectuoso	Operación y maniobras en redes subterráneas	10	759	0,01317523	1,32%	3	Escaso	5	Altamente improbable
Conexiones flojas	Sobrecarga	Operación y maniobras en redes subterráneas	10	759	0,01317523	1,32%	3	Escaso	5	Altamente improbable
cortocircuitos	Arcos eléctricos	Excavaciones y obras civiles	10	759	0,01317523	1,32%	3	Escaso	4	Poco probable