

**SEGURIDAD EN EL MANEJO DE LA ENERGÍA  
ELÉCTRICA: LÍNEA VIVA**

**JAVIER ANTONIO AYALA SÁNCHEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS, ESCUELAS DE  
INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2006**

**SEGURIDAD EN EL MANEJO DE LA ENERGÍA  
ELÉCTRICA: LÍNEA VIVA**

**JAVIER ANTONIO AYALA SÁNCHEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de:  
Ingeniero Electricista**

**Director  
Julio César Chacón Velasco**

**Codirector  
Hermán Raúl Vargas Torres**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS, ESCUELAS DE  
INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2006**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por ser la luz que me guía  
A mi madre por todo su amor  
A mi padre por todo su apoyo  
A mi abuelo por su paciencia y cariño  
A mi novia por estar conmigo cuando más lo necesité*

*J. A.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Plasmar en éstas líneas la gratitud que siento hacia todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de éste trabajo es imposible, sin embargo, a través de este pequeño reconocimiento quiero dejar en claro que soy consciente de lo valioso de su apoyo y de sus aportes, que sé que existieron a pesar de las muchas ocupaciones de cada uno de ellos y que me permitieron cumplir con ésta labor de la mejor manera posible.

En primer lugar agradezco a una persona que más que mi director de proyecto fue un amigo, que me brindó siempre su apoyo y sus consejos para orientar de la mejor manera el presente trabajo, una persona que me brindó tranquilidad en los momentos de preocupación, que me colaboró con dedicación y constancia leyendo una y otra vez, capítulo por capítulo el presente documento y que siempre tuvo una cara amable para asesorarme.

A Hermánn Raúl Vargas Torres que me confió la responsabilidad de llevar a cabo éste trabajo y que siempre me motivó a realizar las cosas de la mejor manera.

A mi familia que me brindó ánimos en los momentos en que todo parecía hacerse imposible, que me hizo comprender que siempre contaré con alguien que me oriente, me escuche y me apoye a pesar de lo difícil de las situaciones.

A mi novia que siempre estuvo a mi lado mostrándome lo bueno de las cosas, por buenas o malas que fueran, que me hizo entender que con amor y cariño todo se puede y que aunque no sea perfecto nunca estaré solo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
<b><u>CAPÍTULO 1. EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS EN EL CUERPO HUMANO POR ACCIÓN DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS</u></b>	<b>5</b>
<b><u>1.1 EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS EN EL CUERPO HUMANO POR LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS</u></b>	<b>5</b>
<u>1.1.1 Introducción.</u>	5
<u>1.1.2 Campos electromagnéticos.</u>	5
<u>1.1.2.1 Cantidades y unidades.</u>	5
<u>1.1.2.2 Características de los campos electromagnéticos producidos por las líneas de transmisión.</u>	8
<u>1.1.3 Mecanismos de acoplamiento entre campos y el cuerpo.</u>	9
<u>1.1.3.1 Acoplamiento a los campos eléctricos de baja frecuencia.</u>	9
<u>1.1.3.2 Acoplamiento a campos magnéticos de baja frecuencia.</u>	9
<u>1.1.4 Estudios epidemiológicos realizados para determinar los efectos fisiológicos producidos en el cuerpo humano por exposición a campos electromagnéticos.</u>	10
<u>1.1.5 Estudios ocupacionales.</u>	12
<b><u>1.2 EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS POR EL PASO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL CUERPO HUMANO</u></b>	<b>13</b>
<u>1.2.1 Principales factores que influyen en los efectos fisiológicos producidos por el paso de las corrientes eléctricas a través del cuerpo humano.</u>	18
<u>1.2.1.1 Intensidad de la corriente.</u>	18
<u>1.2.1.2 Duración del contacto eléctrico</u>	22
<u>1.2.1.3 Impedancia del cuerpo humano</u>	22
<u>1.2.1.4 Tensión aplicada</u>	24
<u>1.2.1.5 Recorrido de la corriente a través del cuerpo</u>	24
<b><u>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO SOBRE SEGURIDAD EN TRABAJOS CON EQUIPOS Y SISTEMAS ENERGIZADOS</u></b>	<b>27</b>
<b><u>2.1 INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>27</b>
<b><u>2.2 TÉCNICAS DE TRABAJO EN LÍNEA VIVA</u></b>	<b>28</b>
<u>2.2.1 Método de trabajo a distancia</u>	29
<u>2.2.2 Método de trabajo a Potencial o "a Mano limpia"</u>	33
<u>2.2.3 Método de trabajo a Contacto</u>	35
<b><u>2.3 EQUIPO DE PROTECCIÓN</u></b>	<b>36</b>
<u>2.3.1 Equipo de protección de caucho natural (tipo I)</u>	37

<a href="#">2.3.1.1 Cortes corona</a>	37
<a href="#">2.3.2 Equipo de protección de caucho sintético (tipo II)</a>	38
<a href="#">2.3.3 Equipo de protección flexible para línea viva</a>	38
<a href="#">2.3.3.1 Tipos de equipo</a>	38
<a href="#">2.3.3.1.1 Guantes de caucho</a>	38
<a href="#">2.3.3.1.2 Mangas de caucho</a>	38
<a href="#">2.3.3.1.3 Mangueras flexibles de caucho para conductores</a>	39
<a href="#">2.3.3.1.4 Cobertores de caucho para aisladores</a>	40
<a href="#">2.3.3.1.5 Mantas aislantes de caucho</a>	40
<a href="#">2.3.4 Cuidados generales del equipo de protección flexible</a>	40
<a href="#">2.3.4.1 Equipo de protección personal</a>	41
<a href="#">2.3.4.2 Cobertores de caucho de conductores y de aisladores</a>	42
<a href="#">2.3.4.3 Cobertores de aparatos, estructuras y herrajes</a>	42
<a href="#">2.3.5 Inspección visual del equipo de protección flexible</a>	43
<a href="#">2.3.5.1 Equipo de protección personal</a>	43
<a href="#">2.3.5.2 Cobertores de conductores de aisladores</a>	44
<a href="#">2.3.5.3 Mantas de caucho</a>	45
<a href="#">2.3.6 Inspección de campo del equipo de protección flexible</a>	45
<a href="#">2.3.7 Pruebas eléctricas del equipo de protección flexible</a>	46
<a href="#">2.3.7.1 Equipo de protección personal</a>	47
<a href="#">2.3.7.2 Cobertores de línea y de aisladores</a>	48
<a href="#">2.3.7.3 Mantas de caucho</a>	49
<a href="#">2.3.8 Consideraciones y mantenimiento de pértigas para trabajos en línea viva</a>	50
<a href="#">2.3.8.1 Procedimiento para el lijado</a>	50
<a href="#">2.3.8.2 Procedimiento de pintado (aplicación de epóxico)</a>	52
<a href="#">2.3.8.3 Consideraciones especiales sobre pértigas para trabajos en línea viva</a>	54

## **CAPÍTULO 3. ESTUDIO COMPARATIVO DE NORMAS DE SEGURIDAD SOBRE TRABAJOS EN LÍNEA VIVA** **55**

<b><u>3.1 INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>55</b>
<b><u>3.2 METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL ESTUDIO</u></b>	<b>55</b>
<b><u>3.3 CONSIDERACIONES SOBRE EL PERSONAL DESIGNADO PARA REALIZAR LABORES EN LÍNEA VIVA</u></b>	<b>56</b>
<a href="#">3.3.1 Requisitos Para la selección y preselección del personal</a>	57
<a href="#">3.3.2 Requisitos para el ingreso</a>	58
<a href="#">3.3.3 Requisitos para la promoción de personal</a>	58
<a href="#">3.3.4 Certificación de los trabajadores</a>	59
<a href="#">3.3.5 Entrenamiento y calificación de trabajadores expertos</a>	59
<a href="#">3.3.5.1 Tipo de entrenamiento</a>	59
<a href="#">3.3.5.2 Aspectos que debe contemplar el entrenamiento</a>	59
<a href="#">3.3.5.3 trabajador calificado</a>	62
<a href="#">3.3.5.4 Frecuencia de los entrenamientos</a>	62
<b><u>3.4 CONSIDERACIONES CON RESPECTO A LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGURO</u></b>	<b>63</b>

<a href="#">3.4.1 Revisión del lugar de trabajo</a>	63
<a href="#">3.4.1.1 Inspección de la red</a>	64
<a href="#">3.4.2 Señalización del área de trabajo</a>	64
<a href="#">3.4.3 Alistamiento de equipo y materiales</a>	65
<a href="#">3.4.4 Verificación del equipo de protección</a>	65
<a href="#">3.4.5 Comunicación con centro de despacho</a>	66
<a href="#">3.4.6 Reunión previa a la iniciación de los trabajos</a>	67
<b><a href="#">3.5 PRÁCTICAS DE TRABAJO SEGURO</a></b>	<b>68</b>
<a href="#">3.5.1. Precauciones al trabajar con equipo y líneas energizadas</a>	68
<a href="#">3.5.2 Tendido y desplazamiento de conductores en contigüidad a líneas energizadas</a>	69
<a href="#">3.5.3 Número de trabajadores calificados por exposición a peligros</a>	71
<a href="#">3.5.4 Procedimientos para el cubrimiento de zonas energizadas</a>	71
<a href="#">3.5.5 Porte de artículos metálicos</a>	72
<a href="#">3.5.6 Aproximación con poca visibilidad</a>	72
<a href="#">3.5.7 Trabajos en una sola fase</a>	72
<a href="#">3.5.8 Normas para trabajos aéreos</a>	73
<a href="#">3.5.8.1 Ascenso y descenso de material</a>	73
<a href="#">3.5.8.2 Consideraciones sobre el escalamiento de estructuras</a>	73
<a href="#">3.5.8.3 Trabajos sobre conductores energizados</a>	73
<a href="#">3.5.8.4 Procedimientos de trabajo</a>	75
<a href="#">3.5.9 Condiciones ambientales</a>	76
<a href="#">3.5.10 Acciones prohibidas mientras se trabaja</a>	77
<a href="#">3.5.10.1 Hacer bromas</a>	77
<a href="#">3.5.10.2 Ser descuidados</a>	77
<a href="#">3.5.10.3 Consumir alcohol, tóxicos o drogas</a>	77
<a href="#">3.5.10.4 Trabajar enfermo o bajo estrés emocional</a>	78
<b><a href="#">3.6 ACCIONES Y CONDICIONES SIGNIFICATIVAMENTE INSEGURAS</a></b>	<b>78</b>
<b><a href="#">3.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL "PPE" Y HERRAMIENTAS PARA TRABAJOS EN LÍNEA VIVA</a></b>	<b>78</b>
<a href="#">3.7.1 Requisitos para la selección de equipo de protección personal "PPE" y herramientas para trabajos en línea viva</a>	79
<a href="#">3.7.2 Inspección y prueba del equipo de protección personal</a>	80
<a href="#">3.7.3 Protección de la cabeza</a>	81
<a href="#">3.7.4 Protección de los ojos</a>	81
<a href="#">3.7.5 Protección del cuerpo</a>	81
<a href="#">3.7.5.1 Características de la ropa para protección del cuerpo</a>	81
<a href="#">3.7.5.2 Características de la ropa de trabajo</a>	82
<a href="#">3.7.5.3 Consideraciones con respecto a la ropa para protección del cuerpo y a la ropa de trabajo</a>	82
<a href="#">3.7.5.3.1 Movilidad y visibilidad</a>	82
<a href="#">3.7.5.3.2 Cobertura</a>	82
<a href="#">3.7.5.3.3 Comodidad</a>	82
<a href="#">3.7.5.3.4 Interferencia</a>	82
<a href="#">3.7.5.3.5 Derretimiento</a>	82
<a href="#">3.7.5.3.6 Inflamabilidad</a>	83
<a href="#">3.7.6 Protección de manos y brazos</a>	83
<a href="#">3.7.7 Protección de pies</a>	83

<a href="#"><u>3.7.8 Almacenamiento del equipo de protección personal</u></a>	83
<a href="#"><u>3.7.8.1 Guantes y mangas de caucho</u></a>	84
<a href="#"><u>3.7.8.2 Cobertores de conductores y aisladores</u></a>	85
<a href="#"><u>3.7.8.3 Mantas de caucho</u></a>	85
<a href="#"><u>3.7.9 Pruebas, reparación y mantenimiento del equipo de protección personal y de las herramientas para trabajos en línea viva</u></a>	86
<a href="#"><u>3.7.10 Otras consideraciones sobre el equipo de protección personal y herramientas para trabajos en línea viva</u></a>	86
<a href="#"><u>3.7.11 Mangas de línea de caucho, capuchas, cobertores, mangas, y mantas</u></a>	88
<a href="#"><u>3.7.12 Herramientas de escalamiento</u></a>	88
<a href="#"><u>3.7.13 Arnéses y cinturones de seguridad</u></a>	89
<a href="#"><u>3.7.14 Hachas de mano y herramientas afiladas</u></a>	89
<a href="#"><u>3.7.15 Escaleras aisladas</u></a>	89
<a href="#"><u>3.7.15.1 Resistencia a la tensión</u></a>	89
<a href="#"><u>3.7.15.2 Montaje e inspección</u></a>	89
<a href="#"><u>3.7.15.3 Introducción del liniero a la escalera</u></a>	90
<a href="#"><u>3.7.15.4 Control de la escalera</u></a>	90
<a href="#"><u>3.7.15.5 Prueba eléctrica</u></a>	90
<a href="#"><u>3.7.16 Cuerdas</u></a>	91
<a href="#"><u>3.7.17 Otras consideraciones sobre herramientas para trabajos en línea viva</u></a>	91

## **CAPÍTULO 4. PRIMEROS AUXILIOS** **93**

### **4.1 INTRODUCCIÓN** **93**

### **4.2 PROCEDIMIENTO PARA PRESTAR PRIMEROS AUXILIOS** **94**

### **4.3 EVALUACIÓN INICIAL Y REANIMACIÓN** **94**

#### [4.3.1 Reanimación](#) 94

#### [4.3.2 Evaluación inicial](#) 94

##### [4.3.2.1 Evaluación del entorno](#) 95

##### [4.3.2.2 Valoración primaria y reanimación cardio-pulmonar \(RCP\)](#) 95

###### [4.3.2.2.1 Consciencia](#) 95

###### [4.3.2.2.2 Preparación](#) 96

###### [4.3.2.2.3 Respiración](#) 96

###### [4.3.2.2.3.1 Respiración boca a boca](#) 97

###### [4.3.2.2.4 Pulso](#) 98

###### [4.3.2.2.4.1 Masaje cardiaco externo](#) 99

###### [4.3.2.2.4.2 Finalización de la reanimación](#) 100

##### [4.3.2.3 Valoración secundaria](#) 101

###### [4.3.2.3.1 Procedimiento para la exploración](#) 101

###### [4.3.2.3.1.1 Cara](#) 101

###### [4.3.2.3.1.2 Cabeza](#) 102

###### [4.3.2.3.1.3 Tórax](#) 102

###### [4.3.2.3.1.4 Abdomen](#) 102

###### [4.3.2.3.1.5 Pelvis](#) 102

###### [4.3.2.3.1.6 Extremidades](#) 102

### **4.4 LESIONES EN LA PIEL Y EL SISTEMA MUSCULAR** **102**

#### [4.4.1 Heridas](#) 103

<a href="#">4.4.1.1 Primeros auxilios en caso de heridas leves</a>	103
<a href="#">4.4.1.2 Primeros auxilios en caso de heridas graves</a>	103
<a href="#">4.4.2 Contusiones</a>	103
<a href="#">4.4.2.1 Primeros auxilios en caso de contusiones</a>	104
<a href="#">4.4.3 Quemaduras</a>	104
<a href="#">4.4.3.1 Primeros auxilios en caso de quemaduras</a>	106
<a href="#">4.4.3.2 Quemaduras eléctricas</a>	107
<a href="#">4.4.3.2.1 primeros auxilios en caso de electrocución</a>	107
<a href="#">4.4.4 Causticación</a>	108
<a href="#">4.4.4.1 Primeros auxilios en caso de causticación</a>	108
<a href="#">4.4.4.2 Si la causticación se produce en los ojos</a>	108
<b><a href="#">4.5 LESIONES EN EL APARATO LOCOMOTOR</a></b>	<b>108</b>
<a href="#">4.5.1 Los traumatismos articulares</a>	108
<a href="#">4.5.1.1Esguince</a>	109
<a href="#">4.5.1.1.1 Primeros auxilios en caso de esguince</a>	109
<a href="#">4.5.1.2 Luxación</a>	109
<a href="#">4.5.1.2.1 Primeros auxilios en caso de luxaciones</a>	109
<a href="#">4.5.2 Traumatismos óseos</a>	110
<a href="#">4.5.2.1 Fractura</a>	110
<a href="#">4.5.2.1.1 Primeros auxilios en caso de fracturas</a>	110
<a href="#">4.5.3 Traumatismo de cráneo y cara</a>	111
<a href="#">4.5.3.1 Primeros auxilios en caso de traumatismo de cráneo y cara</a>	111
<a href="#">4.5.4 Traumatismos de la columna vertebral</a>	111
<a href="#">4.5.4.1 Primeros auxilios en caso de traumatismo de columna</a>	112
<b><a href="#">4.6 LESIONES DEL SISTEMA CIRCULATORIO</a></b>	<b>112</b>
<a href="#">4.6.1 Paro cardíaco</a>	112
<a href="#">4.6.2 Hemorragias</a>	113
<a href="#">4.6.2.1 Primeros auxilios en caso de hemorragias externas</a>	113
<a href="#">4.6.2.1.1 Torniquete</a>	114
<a href="#">4.6.2.2 Primeros auxilios en caso de hemorragias internas</a>	114
<a href="#">4.6.2.3 Primeros auxilios en caso de hemorragias por orificios naturales</a>	115
<a href="#">4.6.2.3.1 Otorragia</a>	115
<a href="#">4.6.2.3.2 Epíxtasis</a>	115
<a href="#">4.6.2.3.3 Hemoptisis</a>	115
<a href="#">4.6.2.3.4 Hematémesis</a>	115
<a href="#">4.6.2.3.5 Melenas</a>	116
<a href="#">4.6.2.3.6 Hematuria</a>	116
<a href="#">4.6.3 Shock hipovolémico</a>	116
<a href="#">4.6.3.1 Primeros auxilios ante un shock hipovolémico</a>	116
<b><a href="#">4.7 BOTIQUÍN</a></b>	<b>117</b>
<a href="#">4.7.1 Contenido</a>	117
<b><a href="#">CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES</a></b>	<b>119</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>123</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b><u>Tabla 1.</u></b> Cantidades eléctricas, magnéticas, electromagnéticas dosimétricas y las unidades SI correspondientes.	7
<b><u>Tabla 2.</u></b> Valores empíricos de las variables de las anteriores ecuaciones	16
<b><u>Tabla 3.</u></b> Impedancia total del cuerpo humano en función de la tensión de contacto.	23
<b><u>Tabla 4.</u></b> Distancias límites de aproximación en las zonas de trabajo	30
<b><u>Tabla 5.</u></b> Formación y capacitación de los trabajadores para trabajos eléctricos.	32
<b><u>Tabla 6.</u></b> Distancia del borde del guante a la superficie del agua.	47
<b><u>Tabla 7.</u></b> Tensión máxima de prueba para cobertores de línea y de aisladores.	49
<b><u>Tabla 8.</u></b> Tensión máxima de prueba para mantas de caucho.	49
<b><u>Tabla 9.</u></b> Límites de aproximación a partes expuestas energizadas.	60
<b><u>Tabla 10.</u></b> Procedimientos SOP/JHA.	61
<b><u>Tabla 11.</u></b> Requerimientos de capacitación de los trabajadores de línea viva.	62
<b><u>Tabla 12.</u></b> Tensión máxima de uso para elementos aislantes de caucho.	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<a href="#"><u>Figura 1. Corrientes inducidas en el cuerpo por campos eléctricos y magnéticos</u></a>	8
<a href="#"><u>Figura 2. Zonas de Alteraciones de la piel humana.</u></a>	14
<a href="#"><u>Figura 3. Efectos de la corriente alterna a frecuencias entre 15 y 100 Hz.</u></a>	15
<a href="#"><u>Figura 4. Periodo de vulnerabilidad del corazón.</u></a>	19
<a href="#"><u>Figura 5. Quemadura por descarga producida por una herramienta manual.</u></a>	20
<a href="#"><u>Figura 6. Quemadura por descarga producida por una herramienta manual dos días después.</u></a>	20
<a href="#"><u>Figura 7. Quemadura debida a un arco eléctrico.</u></a>	21
<a href="#"><u>Figura 8. Quemadura termal de contacto.</u></a>	21
<a href="#"><u>Figura 9. Contracción involuntaria del músculo por efecto de la electricidad</u></a>	21
<a href="#"><u>Figura 10. Quemadura eléctrica (Herida de entrada)</u></a>	22
<a href="#"><u>Figura 11. Quemadura eléctrica (Herida de salida)</u></a>	22
<a href="#"><u>Figura 12. Porcentaje de impedancia interna de acuerdo a la trayectoria.</u></a>	23
<a href="#"><u>Figura 13. Factor de corriente "F" de corazón según la trayectoria de descarga.</u></a>	24
<a href="#"><u>Figura 14. Caso práctico</u></a>	25
<a href="#"><u>Figura 15. Métodos de trabajo en instalaciones eléctricas.</u></a>	27
<a href="#"><u>Figura 16. Trabajos mediante la técnica a distancia.</u></a>	29
<a href="#"><u>Figura 17. Distancias límites de aproximación</u></a>	30
<a href="#"><u>Figura 18. Zonas de trabajo sobre elementos con tensión.</u></a>	31
<a href="#"><u>Figura 19. Método de trabajo a potencial (Distancias de aproximación)</u></a>	34
<a href="#"><u>Figura 20. Apariencia de pértigas sin acabar y después del proceso de lijado.</u></a>	51
<a href="#"><u>Figura 21. Preparación de la pértiga para la aplicación del epóxico.</u></a>	52
<a href="#"><u>Figura 22. Proceso de aplicación de epóxico</u></a>	53
<a href="#"><u>Figura 23. Evaluación del estado de consciencia.</u></a>	95
<a href="#"><u>Figura 24. Evaluación de la respiración.</u></a>	96
<a href="#"><u>Figura 25. Maniobra de hiperextensión.</u></a>	97
<a href="#"><u>Figura 26. Respiración boca a boca.</u></a>	98
<a href="#"><u>Figura 27. Localización del pulso carotídeo.</u></a>	98
<a href="#"><u>Figura 28. Pasos para localizar el punto exacto para masaje cardíaco.</u></a>	99
<a href="#"><u>Figura 29. Postura para el RCP.</u></a>	100
<a href="#"><u>Figura 30. Secuencia del RCP.</u></a>	100
<a href="#"><u>Figura 31. Piel normal.</u></a>	105
<a href="#"><u>Figura 32. Clasificación de las quemaduras en la piel.</u></a>	105
<a href="#"><u>Figura 33. Equivalencia de la superficie corporal.</u></a>	106
<a href="#"><u>Figura 34. Procedimiento ante electrocución.</u></a>	107
<a href="#"><u>Figura 35. Esquince de tobillo.</u></a>	109
<a href="#"><u>Figura 36. Tipos de fractura según su gravedad.</u></a>	110
<a href="#"><u>Figura 37. Primeros auxilios en caso de hemorragias externas.</u></a>	114
<a href="#"><u>Figura 38. Posición antishock.</u></a>	117

## ÍNDICE DE ANEXOS

[ANEXO A](#)  
[ANEXO B](#)

**124**  
**129**

**TÍTULO:** SEGURIDAD EN EL MANEJO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA: LÍNEA VIVA\*

**AUTOR:**

Ayala Sánchez, Javier Antonio.\*\*

### **PALABRAS CLAVES**

Planeación; Mecanismos de protección; Personal calificado; Entrenamiento; Procedimientos de trabajo seguro; Prácticas de trabajo seguro; Acciones y condiciones significativamente inseguras; Técnicas de trabajo; Línea viva.

### **CONTENIDO**

Este trabajo de grado presenta como parte central un estudio técnico comparativo sobre las consideraciones tenidas en cuenta por seis normas sobre seguridad para trabajos en línea viva.

Teniendo en cuenta que para el cumplimiento de cualquier consideración sobre seguridad industrial es necesario sensibilizar al personal sobre los riesgos a los que se expone mientras realizan sus labores y, la forma en como tales riesgos se pueden reducir al máximo a través de estas consideraciones.

Como parte inicial del trabajo se presentan los efectos fisiológicos causados en el cuerpo humano por acción de las corrientes eléctricas y los campos electromagnéticos.

Seguidamente se presentan las técnicas adecuadas de trabajo en línea viva con el fin de orientar al personal sobre la manera correcta en la que se debe realizar un trabajo en línea viva de acuerdo a las condiciones que se tengan. Además de una orientación sobre los requerimientos con respecto al equipo de protección personal y las herramientas de línea viva ya que un conocimiento completo de los aspectos a considerar para su correcta escogencia, utilización, prueba y mantenimiento permite llevar a cabo las tareas reduciendo al máximo los peligros asociados con las labores sobre equipos y/o sistemas energizados.

Por último se establecen los procedimientos de primeros auxilios necesarios para asistir de manera eficiente al personal que pueda resultar víctima de accidentes ocasionados por acciones imprudentes o arriesgadas, con el fin de minimizar los efectos nocivos a su salud y hasta que estos puedan ser remitidos a un centro competente para su atención adecuada.

---

\* Trabajo de grado (investigación)

\*\* Facultad de ciencias físico-mecánicas, ingeniería eléctrica, Director: Julio César Chacón V. Codirector: Hermann Raúl Vargas T.

**TITLE:** SAFETY IN THE HANDLING OF THE ELECTRIC POWER: LIVE LINE\*

**AUTHOR:**

Ayala Sánchez, Javier Antonio.\*\*

**KEY WORDS**

Planning; Protection mechanisms; Qualified personnel; Training; Procedures of safe work; Practical of safe work; Significantly insecure actions and conditions; Techniques to work; Live line.

**CONTENT**

This paper presents like central part a comparative technical study about the considerations kept in mind by six norms about safety for live line works.

Keeping in mind that for the execution of any consideration it is necessary to sensitize the personnel about the risks to those they are exposed while they carry out their works and, the form in as such risks they can decrease to the maximum through these considerations.

As part initial of the work the physiologic effects caused in the human body by action of the electric currents and the electromagnetic fields are presented.

Subsequently the appropriate techniques of life line work are presented with the purpose of guiding the personnel on the correct way in which should be carried out a live line work according to the conditions that are had.

Besides an orientation about the requirements about the personal protection equipment and the live line tools because a complete knowledge of the aspects to consider for their correct choice, use, proves and maintenance allows carrying out the tasks reducing to the maximum the dangers associated with works on equipment and/or energized systems.

Lastly we have the procedures of first aids necessary to attend from an efficient way to the personnel that can be victim of accidents caused by imprudent or risky actions, with the purpose of minimizing the noxious effects to their health and until these people can be remitted to a competent center for their appropriate attention.

---

\* Thesis of grade (investigation)

\*\* Faculty of Phisic-Mechanics sciences, Electrical engineering, Director: Julio César Chacón V. Codirector: Hermann Raúl Vargas T.

## INTRODUCCIÓN

Tomando en cuenta la importancia que tiene para muchas empresas del sector eléctrico realizar las labores de mantenimiento de las redes cuando estas se encuentran energizadas, se hace necesario establecer una serie de mecanismos de protección que permitan a los operarios realizar sus trabajos de una manera adecuada y rápida sin que por esto se vaya a incurrir en errores de procedimientos que a niveles de tensión mayores que 1 kV pueden llegar a tener consecuencias catastróficas para el empleado y para la compañía para la cual éste trabaja.

El presente proyecto de grado tiene como fin presentar al lector los mecanismos de protección mencionados anteriormente en la forma de:

- Los efectos fisiológicos causados en el cuerpo humano por acción de los campos electromagnéticos y las corrientes eléctricas con el fin de sensibilizar al lector sobre las terribles consecuencias que pueden presentarse a largo y corto plazo sobre los trabajadores en línea viva, producto de procedimientos de trabajo erróneos, imprudentes o con un nivel de planeación escaso.
- Un marco teórico sobre seguridad en trabajos con equipos y sistemas energizados junto a una introducción al trabajador en el tema de equipo de protección flexible con el fin de enfatizar la importancia de éste, de su mantenimiento y de las pruebas que se le debe realizar para constatar su correcto funcionamiento, al considerarse como la primera línea de defensa del trabajador ante contactos accidentales, en el cual se mencionan también las técnicas adecuadas para la realización de los trabajos en línea viva con el fin de orientar al personal sobre la correcta ejecución de las labores y las consideraciones iniciales que se deben tener en cuenta cuando se trabaja en presencia de tensión.
- Un estudio comparativo de algunas normas de seguridad existentes sobre trabajos en línea viva que facilite y contribuya al proceso de establecer las consideraciones que se deben tener en cuenta cuando se intervienen equipos y sistemas energizados, que permita además observar y aprovechar los aportes que realizan con respecto a este tema diferentes países en los cuales se realizan prácticas de trabajo ante la condición de presencia de tensión y a la vez analizar y complementar la forma en que se propone realizar dichas labores en el territorio colombiano.
- Los procedimientos de primeros auxilios que todo trabajador en línea viva debe conocer para estar en capacidad de asistir de manera oportuna y eficiente al personal que pueda resultar víctima de accidentes, que se presentan por razones muchas veces inevitables e inherentes a la condición humana, como son las de realizar acciones imprudentes o peligrosas, alejadas de cualquier consideración sobre prácticas de trabajo seguro y que se contemplan en el presente documento o en cualquier otro existente al respecto de este tema; procedimientos que deberán realizarse con el fin de minimizar los efectos nocivos a la salud de los trabajadores afectados por los

sucesos antes mencionados hasta que se puedan remitir a un centro competente para su atención adecuada.

Con el fin de estructurar adecuadamente los mecanismos de seguridad que las empresas del sector eléctrico deben brindar a los trabajadores que laboran sobre equipos o redes energizadas para que las labores sean llevadas a cabo exitosamente, se hizo necesaria la recolección y análisis de una serie de documentos que se seleccionaron por la importancia de sus aportes al tema de seguridad en el manejo de la energía eléctrica dentro de una técnica de trabajo que se denomina línea viva.

Como primer documento dentro del conjunto utilizado para la realización del presente trabajo de grado se puede mencionar la **“NFPA 70E, Standard for Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces, 2000 Edition”** [11], preparada por el comité técnico sobre requerimientos de seguridad eléctrica para empleados en los sitios de trabajo y redactada por la National Fire Protection Association, Inc., entre el 14 y 17 de Noviembre de 1999 en la ciudad de New Orleans, la cual cubre lo relacionado con los fundamentos para establecer un ambiente de trabajo eléctricamente seguro adoptando para ello cuatro estrategias básicas a través del documento, y que se mencionan a continuación:

- Establecer unas condiciones de trabajo eléctricamente seguras,
- Entrenamiento,
- Planeación del trabajo, y
- Equipo de protección personal.

Esta edición de la **NFPA 70E** fue aprobada como norma nacional americana el 11 de Febrero 11 del año 2000.

Como otro documento clave dentro del proceso de desarrollo del presente trabajo de grado se encuentra el **“Electrical Safety Handbook”** [13], realizado por el departamento de energía de Estados Unidos **“DOE”** en diciembre de 2004 y que viene a reemplazar la versión emitida en el año de 1998.

Este documento fue realizado en la ciudad de Washington, DC, y contiene material explicativo desarrollado con el apoyo de OSHA sobre seguridad para trabajos de campo en los cuales se involucra el uso de la electricidad, se ha realizado con el fin de establecer una guía de seguridad para lograr una reducción o eliminación de los riesgos asociados con el uso de la energía eléctrica y es parte del sistema de directivas **DOE** que se emite para proporcionar la información necesaria con respecto a las expectativas que el departamento de energía de Estados Unidos tiene sobre los requisitos en materia de seguridad eléctrica contenidos en otras normas como el **“National Electrical Safety Code (ANSI-C2, 2002)”** entre otros.

Por otra parte se tiene el código **“O&M: SAFETY OF ELECTRICAL TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEMS”** [12] emitido el 16 de Enero de 2004 y realizado con el apoyo del cuerpo de ingenieros de la armada de los Estados Unidos, el comando de ingenieros de la marina y la agencia de

apoyo en ingeniería civil de la fuerza aérea de los Estados Unidos, con el fin de establecer una guía general sobre las consideraciones asociadas con la seguridad en el manejo de los sistemas de transmisión eléctrica y de distribución.

Este criterio de unificación de información aplica para todos los elementos de servicio de la armada de los Estados Unidos y sus contratistas.

Este documento es revisado y actualizado periódicamente y se hace disponible para todo el personal del departamento de defensa de los Estados Unidos con el fin de proporcionar criterios técnicos que faciliten y permitan la resolución adecuada de todas las operaciones militares en este país.

Se cuenta también con el ***“Reglamento de seguridad industrial y salud ocupacional del Salvador”*** [6] que se realiza como parte del Proyecto Regional De Energía Eléctrica Istmo Centroamericano en Enero del año 2000 por la Empresa Transmisora del Salvador “ETESAL”, y que trata sobre los requerimientos mínimos de seguridad para los empleados y público en general cuando se están realizando labores que involucran la energía eléctrica dentro de su desarrollo, esto, con el fin de ejercer un esfuerzo consiente que ayude a prevenir lesiones personales dentro del grupo de individuos influenciados directa o indirectamente por tales procesos.

Entrando en el ámbito nacional se pueden encontrar los aportes que realiza el ***“Código de seguridad del sector eléctrico colombiano”*** [2] publicado en el año de 1982 y realizado para establecer una serie de pautas sobre seguridad eléctrica, que se deben seguir para proveer seguridad a los empleados de las diferentes compañías del sector eléctrico dentro del territorio colombiano, en el cual se mencionan de manera concisa las técnicas para trabajos en línea viva con el fin de dar una visión mas clara sobre los procedimientos que se deben seguir cuando se intervienen líneas de transmisión y redes de distribución energizadas y se hace énfasis en la importancia de la planeación dentro de las prácticas de trabajo cuando se involucra la energía eléctrica.

Este documento será de gran importancia para la estructuración del presente trabajo de grado ya que a pesar de que no cuenta con una nomenclatura muy clara permite estructurar adecuadamente lo mencionado en otros documentos sobre el tema de seguridad en el manejo de la energía eléctrica cuando se trabaja con la técnica denominada línea viva.

Como parte fundamental dentro del proceso de estudio de la normativa existente sobre seguridad eléctrica, a nivel local encontramos la ***“Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P.”*** [5] que ha sido realizada con el fin de brindar información crucial para proveer las herramientas de formación para el personal que realiza los procesos de mantenimiento de sus redes en caliente y en la cual se tratan tópicos de gran relevancia en el aspecto de seguridad eléctrica y entre los cuales se pueden mencionar:

- Reglas de seguridad para los operarios
- Consideraciones sobre los implementos de protección

- Consideraciones atmosféricas, Y
- Algunas actividades de preparación para el trabajo, entre otros.

Con el propósito de presentar los efectos fisiológicos ocasionados en el cuerpo humano por acción de las corrientes eléctricas y los campos electromagnéticos, para realzar la importancia de la puesta en práctica de las consideraciones presentadas por la normativa existente con respecto a seguridad en el manejo de energía eléctrica, se hizo necesario consultar algunos artículos como el denominado ***“Seguridad eléctrica: efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano”*** [7] publicado por ENERGUÍA y realizado por la Facultad de Física de la Universidad de Barcelona y algunas conferencias sobre contaminación por campos electromagnéticos “CEM” como la llevada a cabo por el Ingeniero Técnico Industrial Eléctrico y miembro de GEA Luis Martín Hernández y ofrecida en el Centro Cívico de Galapagar el sábado 24 de Marzo del año 2001.

## **CAPÍTULO 1**

### **EFFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS EN EL CUERPO HUMANO POR ACCIÓN DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS**

#### **1.1 EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS EN EL CUERPO HUMANO POR LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS**

##### **1.1.1 Introducción.**

El progreso técnico, en el sentido más general de la expresión, se ha asociado siempre a diversos peligros y riesgos, tanto percibidos como reales. La aplicación industrial, comercial y doméstica de los campos electromagnéticos no es una excepción a esa regla.

En todo el mundo, el público en general se preocupa por la posibilidad de que la exposición a los campos electromagnéticos emitidos, por ejemplo, por líneas eléctricas de alta tensión, radares o teléfonos móviles y sus estaciones de base, pueda tener efectos perjudiciales para la salud, especialmente en los niños. A consecuencia de ello, la construcción de nuevos tendidos eléctricos y redes de telefonía móvil ha encontrado una considerable oposición en muchos países.

En respuesta a esa preocupación del público, compartida por muchos gobiernos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido el Proyecto Internacional Sobre Campos Electromagnéticos (CEM) para evaluar los efectos biológicos y los posibles riesgos sanitarios de la exposición a campos electromagnéticos. En el Proyecto participan actualmente más de 40 países y 6 organizaciones internacionales.

La investigación experimental ha demostrado que el efecto de los campos magnéticos generados por la corriente eléctrica (CEM) sobre los seres vivos está determinado por la intensidad, frecuencia y acumulación de la exposición.

##### **1.1.2 Campos electromagnéticos.**

###### **1.1.2.1 Cantidades y unidades.**

Mientras que los campos eléctricos están asociados solamente con la presencia de la carga eléctrica, los campos magnéticos son el resultado del movimiento físico de las cargas eléctricas (corriente eléctrica). Un campo eléctrico "**E**" ejerce fuerzas sobre una carga eléctrica y se expresa en volts por metro (V/m). Similarmente los campos magnéticos pueden ejercer fuerzas en las cargas eléctricas; pero solamente cuando las cargas están en movimiento.

Los campos eléctricos y magnéticos tienen magnitud y dirección (son vectores).

Un campo magnético puede ser especificado en dos formas:

- Como densidad de flujo magnético  $B$ , expresado en teslas (T), o

- Como intensidad de campo magnético  $H$ , expresado en amperes por metro (A/m),

Las dos cantidades están relacionadas por:

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$$

donde  $\mu$  es la constante de proporcionalidad (la permeabilidad magnética); En el vacío o en el aire, así como también en materiales no-magnéticos (incluyendo materiales biológicos)  $\mu = 4 * 10^{-7}$  (H/m). Por lo tanto cuando se describa un campo magnético para protección debería especificarse solamente una de las cantidades  $\mathbf{B}$  o  $\mathbf{H}$ .

En la región de campo lejano (*En donde se compara: grandes distancias donde se hace el cálculo a una distancia "r" y con longitudes de onda de la señal "λ", Campo lejano  $r \gg \lambda$* ), el modelo de onda plana es una buena aproximación de la propagación del campo electromagnético. Las características de onda plana, son:

-Los frentes de onda tienen una geometría plana.

-Los vectores  $\mathbf{E}$  y  $\mathbf{H}$  y la dirección de propagación son mutuamente perpendiculares.

-La fase de los campos  $\mathbf{E}$  y  $\mathbf{H}$  son las mismas, y el cociente de las amplitudes  $\mathbf{E}/\mathbf{H}$  es constante a través del espacio. En espacio libre, la relación  $\mathbf{E}/\mathbf{H} = 377$  ohms que es la impedancia característica del espacio libre.

-La densidad de potencia  $\mathbf{S}$ , es decir la potencia por unidad de área normal a la dirección de propagación, está relacionada a los campos eléctricos y magnéticos por la expresión.

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \mathbf{H} = E^2 / 377 = H^2 * 377$$

La situación en el campo cercano (*En donde se comparan pequeñas distancias con longitudes de onda "λ" mucho mayores que "r"*) es más complicada ya que los máximos y mínimos de los campos  $\mathbf{E}$  y  $\mathbf{H}$  no ocurren en los mismos puntos a lo largo de la dirección de propagación tal como es en la región de campo lejano.

En la región de campo cercano, la estructura del campo electromagnético puede ser altamente no homogénea y habrá variaciones substanciales de la impedancia de onda plana de 377 ohms, es decir podría haber campos eléctricos puros en algunas regiones y campos magnéticos puros en otras.

Las exposiciones en el campo cercano son más difíciles de especificar porque se deben medir separadamente el campo eléctrico y el campo magnético y porque los patrones de los campos son mucho más complicados; En esta situación la densidad de potencia ya no es una cantidad apropiada para expresar las restricciones a la exposición (como en el campo lejano).

La exposición a campos electromagnéticos variables en el tiempo resulta en corrientes internas dentro del cuerpo y absorción de energía en los tejidos que dependen de los mecanismos de acoplamiento y de la frecuencia involucrada.

El campo eléctrico interno y la densidad de corriente están relacionados por la ley de Ohm.

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$$

donde  $\sigma$  es la conductividad eléctrica del medio.

Como se puede observar en el trabajo de ingeniería cada una de las magnitudes involucradas en el proceso de formación de los fenómenos mencionados anteriormente se analizan y estudian para realizar un proceso de modelado matemático que permita establecer teóricamente la forma de comportamiento y el grado de influencia de cada condición dentro de la producción de tales procesos .

A continuación se presenta un resumen de las principales cantidades eléctricas, magnéticas, electromagnéticas y dosimétricas junto con sus unidades SI correspondientes, al considerarse de gran importancia para el entendimiento de los conceptos anteriormente expuestos.

<b>Cantidad</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidades</b>
Conductividad	$\sigma$	siemens por metro (S/m)
Corriente	I	Ampere (A)
Densidad de corriente	<b>J</b>	Ampere por metro cuadrado (A/m <sup>2</sup> )
Frecuencia	f	Hertz (Hz)
Campo eléctrico	<b>E</b>	Volt por metro (V/m)
Campo magnético	<b>H</b>	Ampere por metro (A/m)
Densidad de flujo magnético	<b>B</b>	Tesla (T)
Permeabilidad magnética	$\mu$	Henry por metro (H/m)
Permitividad	$\epsilon$	Farad por metro (F/m)
Densidad de potencia	<b>S</b>	Watt por metro cuadrado (W/m <sup>2</sup> )
Absorción específica de energía	SA	Joule por kilogramo (J/kg)
Tasa de absorción específica de energía	SAR	Watta por kilogramo (W/kg)

**Tabla 1. Cantidades eléctricas, magnéticas, electromagnéticas dosimétricas y las unidades SI correspondientes.**

### 1.1.2.2 Características de los campos electromagnéticos producidos por las líneas de transmisión.

Las líneas de alta tensión generan a su alrededor campos eléctricos y magnéticos variables de frecuencia extremadamente baja (50 Hz en Europa, 60 Hz en EE.UU.).

Para una determinada tensión, la intensidad del campo eléctrico puede variar de unas líneas a otras dependiendo de las características de la línea, el número de circuitos y su disposición geométrica.

El campo magnético en una línea también cambia según la intensidad de corriente que circula en función de la demanda de potencia. Las medidas realizadas en la vertical del punto medio entre apoyos para las líneas de tensión de 400 kV proporcionan valores entre 3 y 10 kV/m para el campo eléctrico y entre 1 y 20  $\mu\text{T}$  para el campo magnético.

Estos valores decrecen con la distancia a la línea, de manera que el rango de valores a 100 metros de distancia es de 0,02 a 0,15 kV/m para el campo eléctrico y de 0,02 a 0,30  $\mu\text{T}$  para el campo magnético. Además, el campo eléctrico se apantalla fácilmente debido a los elementos usados en la construcción, por lo que su intensidad en el interior de un inmueble puede ser hasta 103 veces menor que en el exterior.

Debido a que la resistencia eléctrica de los tejidos biológicos es mucho menor que la del aire, el campo eléctrico interno se reduce en un factor entre 106 y 108 con respecto al campo exterior. Por el contrario, el campo magnético apenas sufre atenuación en los tejidos del cuerpo humano y, por tratarse de un campo variable, induce corrientes circulantes cuya intensidad depende de las dimensiones y la conductividad eléctrica de los tejidos implicados.

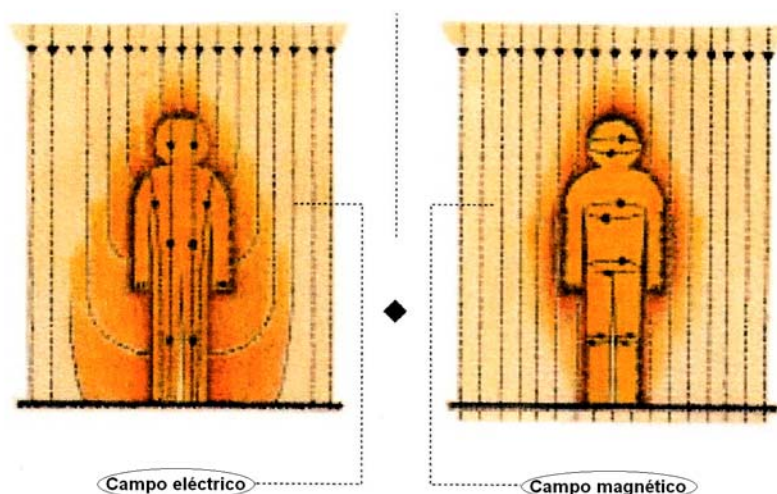


Figura 1. Corrientes inducidas en el cuerpo por campos eléctricos y magnéticos [7].

Los campos electromagnéticos disponen de una cantidad de energía por fotón que es insuficiente para provocar la destrucción de las células, pero suficiente para provocar cambios en su morfología.

### **1.1.3 Mecanismos de acoplamiento entre campos y el cuerpo.**

Hay dos tipos de mecanismos de acoplamiento básicos establecidos a través de los cuales interactúan los campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo con la materia viva:

- Acoplamiento a campos eléctricos de baja frecuencia
- Acoplamiento a campos magnéticos de baja frecuencia

#### **1.1.3.1 Acoplamiento a los campos eléctricos de baja frecuencia.**

La interacción de campos eléctricos variables en el tiempo con el cuerpo humano resulta en un flujo de cargas eléctricas (corriente eléctrica), la polarización de la dirección de las cargas (formación de dipolos eléctricos), y la reorientación de dipolos eléctricos en el tejido.

Las magnitudes relativas de estos diferentes efectos dependen de las propiedades eléctricas del cuerpo, tales como:

- La conductividad eléctrica (que gobierna el flujo de corriente eléctrica), y
- La permitividad (que gobierna la magnitud del efecto de polarización).

La conductividad eléctrica y la permitividad varían con el tipo de tejido y también dependen de la frecuencia del campo aplicado. Los campos eléctricos externos al cuerpo inducen una carga superficial en el cuerpo; esto produce corrientes inducidas en el cuerpo, y la distribución de estas corrientes depende de las condiciones de exposición, del tamaño y forma del cuerpo, y de la posición del cuerpo frente al campo.

#### **1.1.3.2 Acoplamiento a campos magnéticos de baja frecuencia.**

La interacción física de los campos magnéticos variables en el tiempo con el cuerpo humano genera campos eléctricos inducidos y la circulación de corrientes eléctricas.

Las magnitudes de los campos inducidos y de la densidad de corriente son proporcionales al radio de la espira, a la conductividad eléctrica del tejido, a la tasa de cambio y a la magnitud de la densidad de flujo magnético. Para una magnitud y frecuencia dada del campo magnético, los campos eléctricos inducidos son más fuertes cuando las dimensiones de la espira son mayores. La trayectoria exacta y la magnitud resultante de las corrientes inducidas en cualquier parte del cuerpo dependerán de la conductividad eléctrica del tejido.

El cuerpo no es eléctricamente homogéneo; Sin embargo, la densidad de las corrientes inducidas puede ser calculada usando modelos anatómicos y eléctricamente realistas del cuerpo y métodos computacionales, los cuales tienen un alto grado de resolución anatómica.

#### **1.1.4 Estudios epidemiológicos realizados para determinar los efectos fisiológicos producidos en el cuerpo humano por exposición a campos electromagnéticos.**

Las líneas de transmisión aérea han sido objeto de queja por pobladores debido a efectos ambientales, entre ellos el temor a radiaciones electromagnéticas y a accidentes mecánicos como derrumbamiento de una torre o caída de un cable.

Las primeras llamadas de alerta en el tema de la salud se dan en el año 1972, cuando algunos de los científicos de la entonces Unión Soviética observan extrañas alteraciones en los trabajadores del sector eléctrico expuestos habitualmente a niveles altos de campos electromagnéticos (CEM). Estos trabajadores presentaban alteraciones continuas de la tensión arterial, cefaleas persistentes, fatiga excesiva, estrés y depresiones agudas.

Años más tarde, en 1979, se realizó uno de los primeros estudios epidemiológicos, bajo sospechas de los riesgos para la salud que podían conllevar los CEM. Este estudio fue llevado a cabo en Denver (Colorado) por los doctores Nancy Wertheimer y Ed Leeper, en ellos verifican que hay un aumento entre dos y tres veces mayor de muertes por cáncer entre los niños que vivían cerca de líneas de alta tensión (LAT).

En Noviembre del año 1986, el Dr. David Savitz, de la Universidad de Carolina del Norte, comunicó los resultados de un estudio que formaba parte del proyecto de Líneas de alta tensión del Estado de Nueva York. En este estudio se confirman los datos obtenidos por Wertheimer y Leeper, apareciendo una incidencia mayor de cáncer y leucemia en niños asociada a exposiciones a CEM superiores a 2,5 miliGaus (mG). En el informe del Dr. Savitz dirigido al Departamento de Salud del Estado de Nueva York, se afirma: "que el estudio apoya como conclusión un vínculo entre la exposición a CEM y el riesgo de cáncer".

En el año 1992 se lleva a cabo uno de los estudios más concluyentes sobre la relación de los CEM generados por las líneas de alta tensión y el riesgo de padecer cáncer y leucemia por las personas que viven en su entorno. Lo llevan a cabo los científicos María Feychting y Anders Ahlbom del Instituto Karolinska de Estocolmo.

En él se estudiaron a medio millón de personas. Y los resultados que obtuvieron fueron rotundos: "Los resultados proporcionan una base para la hipótesis de que la exposición a los campos magnéticos aumenta el riesgo de cáncer".

Otro estudio danés, realizado por el Dr. Jogen H. Olsen, en el año 1992, encontró un aumento de riesgo de leucemia infantil, linfomas y tumores cerebrales, cinco veces mayor en niños que vivían cerca de líneas de alta tensión con CEM de 4 mG.

A pesar de los resultados concluyentes de estos estudios, otros tantos han demostrado que la mayoría de personas puede percibir campos eléctricos de 50 / 60 Hz mayores a los 20 kV/m, y que únicamente una pequeña minoría

puede percibir los campos menores a 5 kV/m entre ellos el realizado por Tenforde en el año 1992.

En 1994 en un estudio realizado por Graham se detectan pequeños cambios en la función cardíaca en los voluntarios humanos expuestos a campos eléctricos y magnéticos combinados de 60 Hz (9 kV/m, 20  $\mu$ T).

El ritmo cardíaco en reposo fue leve pero significativamente reducido (por 3 a 5 latidos por minuto) durante o inmediatamente después de la exposición. Esta respuesta estuvo ausente con la exposición a campos más fuertes (12 kV/m, 30  $\mu$ T) o más débiles (6 kV/m, 10  $\mu$ T) y reducida en sujetos mentalmente alertos. Ninguno de los sujetos en estos estudios pudo detectar la presencia de los campos, y no hubo resultados consistentes en una amplia batería de pruebas sensoriales y perceptivas.

Sin embargo, no se observaron cambios en la química sanguínea, la cuenta de células sanguíneas, los gases sanguíneos, niveles de lactosa, electrocardiograma, electroencefalograma, temperatura de la piel, o niveles de hormonas en circulación.

En un estudio realizado por Ruppe en el año 1995 no se observaron efectos negativos fisiológicos ni psicológicos en los estudios de laboratorio en personas expuestas a campos de 50 Hz en el rango de 2 a 5  $\mu$ T.

En 1997 se reportaron los resultados de un estudio realizado en Noruega por Tynes y Haldorsen en el cual se incluyeron 500 casos de todo tipo de cáncer infantil.

La exposición de cada individuo fue estimado mediante el cálculo del nivel de campo magnético producido en la residencia por los cables de transmisión cercanos, estimado con el promedio durante un año entero.

No se observó asociación alguna entre el riesgo de leucemia y los campos magnéticos para la residencia al momento del diagnóstico. La distancia del cable eléctrico, la exposición durante el primer año de vida, la exposición de la madre al momento de concepción, y la exposición mayor al nivel mediano de los controles, no mostraron asociación alguna con la leucemia, el cáncer cerebral, ni los linfomas. Sin embargo, era reducido el número de casos de exposición.

No obstante hay cientos de estudios de laboratorio que han mostrado una relación entre los CEM y las alteraciones de la salud, pero la estrategia de la Industria y de la Administración es argumentar que no se puede probar que exista un riesgo sobre la salud derivado de la exposición a CEM hasta que no se conozca exactamente el mecanismo de cómo los CEM producen cáncer, leucemia y otras enfermedades.

Citando al Dr. en Medicina y Cirugía J. Ignacio Orive, de Madrid:

Lo que la Industria y la Administración no citan es que treinta años después de haber probado la Epidemiología que el amianto es un potente agente cancerígeno, los científicos todavía no saben el mecanismo a través del cual la inhalación de fibra de amianto produce cáncer de pulmón. Tampoco saben cómo el humo del

tabaco reacciona en el tejido pulmonar para producir cáncer, o cómo el pesticida DDT actúa en el tejido mamario para dar lugar al cáncer de mama. Si las autoridades sanitarias hubieran tenido que esperar hasta tener un conocimiento completo de los mecanismos carcinogénicos de estos agentes, no habría ninguna legislación sobre la exposición a estas sustancias, no existirían las advertencias sobre los peligros del tabaco y se seguiría utilizando el DDT como pesticida.

Bob Edwards, en el número de octubre de la revista New Scientist, escribe que se recomienda un límite de seguridad de 2 mG (0,2  $\mu$ T).

En Italia se ha propuesto también una directiva similar que data del año 1995. La directiva emana del Laboratorio de Física del Instituto Nacional de la Salud, y propone reducciones a 1 mG y 5 mG para exposición residencial y ocupacional, respectivamente.

Aunque el panorama es realmente confuso, pues no hay consistencia entre los resultados de los estudios en diferentes países y por diversos investigadores, siendo que el campo electromagnético está presente en todos los casos, la falta de consistencia es la que ha llevado a concluir que ***no hay una base científica sobre la asociación del CEM con patologías humanas importantes.***

*Sin embargo y con lo expuesto anteriormente con respecto a los diversos estudios realizados sobre los efectos nocivos que se pueden presentar por exposición a campos electromagnéticos se plantea "evitar prudentemente" la exposición prolongada a CEM de valores superiores a los 2 mG.*

#### **1.1.5 Estudios ocupacionales.**

Los empleados de compañías eléctricas, sobre todo aquellos cuyo trabajo se desarrolla en los sitios de mayor exposición a los campos electromagnéticos (plantas, subestaciones, líneas de transmisión y de distribución, etc.) han sido objeto de muy variados estudios epidemiológicos con el fin de evaluar posibles nexos entre la exposición a dichos campos y el riesgo de cáncer entre los trabajadores eléctricos.

El primer estudio de este tipo (Milham 1982) aprovechó una base de datos con certificados de defunción que incluyó tanto las posiciones laborales como información sobre la mortalidad por cáncer.

Como método crudo para evaluar la exposición, Milham clasificó las posiciones laborales según su presunta exposición a los campos magnéticos y encontró un exceso de riesgo de leucemia entre los trabajadores eléctricos.

Estudios subsecuentes (Savitz y Ahlbom 1994) utilizaron bases de datos similares; Entre los estudios varían los tipos de cáncer para los cuales se observaron tasas elevadas, particularmente al caracterizarse los subtipos de cáncer.

Se reportó un aumento en el riesgo de diversos tipos de leucemia y tumores en los tejidos nerviosos y, en unos pocos casos, de cáncer de mama tanto en

hombres como en mujeres (Demers *et al.* 1991; Matanoski *et al.* 1991; Tynes *et al.* 1992; Loomis *et al.* 1994).

Tres estudios recientes han intentado superar algunas de las deficiencias en los trabajos anteriores al medir la exposición a los campos electromagnéticos en el lugar de trabajo y al tomar en consideración la duración del trabajo (Floderus *et al.* 1993; Thériault *et al.* 1994; Savitz y Loomis 1995). Se observó en ellos un elevado riesgo de cáncer entre los individuos expuestos, pero variaba de un estudio a otro el tipo de cáncer del cual se trataba.

Floderus *et al.* (1993) halló una asociación significativa con la leucemia. También fue notada una asociación por Thériault *et al.* (1994), pero era débil y no significativa. Ningún nexo fue observado por Savitz y Loomis (1995). Para los subtipos de leucemia, existe una inconsistencia aún mayor, pero eran reducidos los números en el análisis.

## **1.2 EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS POR EL PASO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL CUERPO HUMANO**

La causa fundamental de daños producidos por la electricidad es el paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Para que circule una corriente a través del cuerpo humano es necesario que entre dos partes del mismo exista una tensión (o diferencia de potencial), es decir que el cuerpo de la persona sirva como medio de conducción de las cargas eléctricas desde uno de los puntos hacia el otro.

Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo pueden ocasionar desde lesiones físicas secundarias (golpes, caídas, etc.), hasta la muerte por fibrilación ventricular; A continuación se presentarán algunas de las consecuencias más significativas y se explicará brevemente en que consiste cada una de ellas.

La **fibrilación ventricular** consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual, deja de enviar sangre a los distintos órganos y, aunque esté en movimiento, no sigue su ritmo normal de funcionamiento.

Por **tetanización** entendemos el movimiento incontrolado de los músculos como consecuencia del paso de la energía eléctrica. Dependiendo del recorrido de la corriente perderemos el control de las manos, brazos, músculos pectorales, etc.

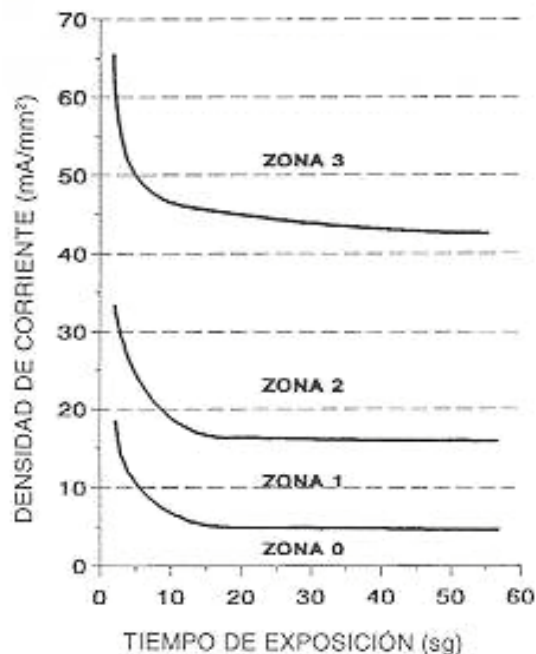
La **asfixia** se produce cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria, ocasionando el paro respiratorio.

Otros factores fisiopatológicos tales como contracciones musculares, aumento de la presión sanguínea, dificultades de respiración, parada temporal del corazón, etc. pueden producirse sin fibrilación ventricular. Tales efectos no son mortales, son, normalmente reversibles y, a menudo, producen marcas por el paso de la corriente. Las quemaduras profundas pueden llegar a ser mortales.

Para las **quemaduras** se han establecido unas curvas que indican las alteraciones de la piel humana en función de la densidad de corriente que circula por un área determinada ( $\text{mA/mm}^2$ ) y el tiempo de exposición a esa corriente. En la figura 2 se distinguen las siguientes zonas:

- Zona 0: habitualmente no hay alteración de la piel, salvo que el tiempo de exposición sea de varios segundos, en cuyo caso, la piel en contacto con el electrodo puede tomar un color grisáceo con superficie rugosa.
- Zona 1: se produce un enrojecimiento de la piel con una hinchazón en los bordes donde estaba situado el electrodo.
- Zona 2: se provoca una coloración parda de la piel que estaba situada bajo el electrodo. Si la duración es de varias decenas de segundos se produce una clara hinchazón alrededor del electrodo.
- Zona 3: se puede provocar una carbonización de la piel.

Es importante resaltar que con una intensidad elevada y cuando las superficies de contacto son importantes se puede llegar a la fibrilación ventricular sin ninguna alteración de la piel.

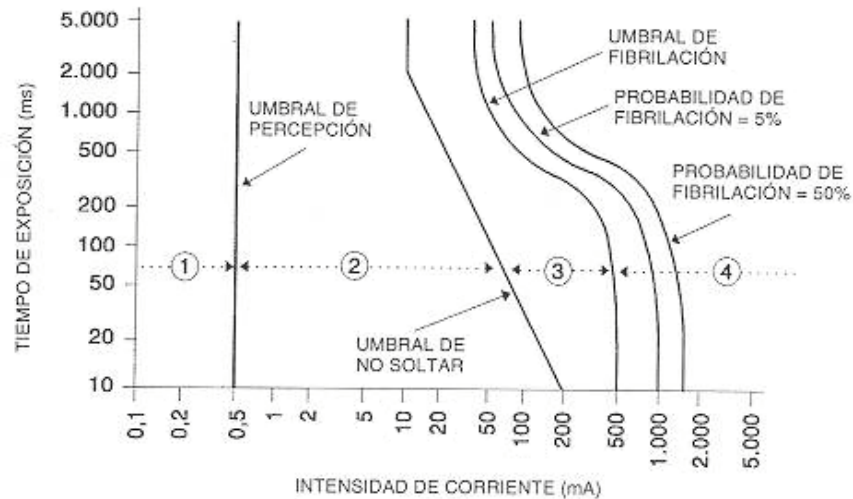


**Figura 2. Zonas de Alteraciones de la piel humana [7].**

En la figura 3 se presentan los efectos que produce una corriente alterna de frecuencia comprendida entre 15 y 100 Hz con un recorrido mano izquierda-los dos pies. Se distinguen las siguientes zonas:

- Zona 1: habitualmente ninguna reacción, sólo un hormigueo leve.
- Zona 2: habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso, se siente una pequeña corriente pero aún no se siente dolor. A este nivel de corriente la mayoría de la gente puede reaccionar, sin embargo los movimientos fuertes involuntarios pueden causar daños.
- Zona 3: habitualmente ningún daño orgánico. Con duración superior a 2 segundos se pueden producir contracciones musculares dificultando la respiración, paros temporales del corazón sin llegar a la fibrilación ventricular.

- Zona 4: riesgo de paro cardíaco por fibrilación ventricular, paro respiratorio, quemaduras graves,...



**Figura 3. Efectos de la corriente alterna a frecuencias entre 15 y 100 Hz [7].**

Hay que aclarar que a niveles de tensión muy altos no se requiere de un contacto directo entre el cuerpo de una persona y los dos puntos que se encuentran a diferente potencial para que ocurra una descarga eléctrica a través de ella, esto se debe a un fenómeno que se denomina arco eléctrico y que se definirá a continuación.

El arco eléctrico se forma por la ionización de un gas en el cual están presentes dos cuerpos que se encuentran a potenciales diferentes ya sea por intentar abrir un circuito a través del cual circula una corriente eléctrica o por reducción de la distancia de aproximación entre objetos que presentan diferencias de tensión muy elevadas, lo cual resulta en un flujo de corriente a través del gas (descarga disruptiva) y del circuito resultante.

La ionización del gas ocurre cuando uno de los cuerpos dota de cierta cantidad de energía a los electrones para que salten la distancia que los separa al contar con:

- La presencia de electrones libres
- La creación de iones positivos que chocan contra el ánodo
- La creación de iones negativos que chocan contra el cátodo

Debido a la naturaleza de la emisión de electrones el cátodo se calienta, es decir que la base del arco eléctrico se convierte en una fuente termoiónica.

Todo el proceso tiene lugar en una columna de plasma y a una temperatura entre 4000 y 20000 Kelvin.

#### Modelado del arco eléctrico:

Uno de los primeros intentos para modelar la conducta del arco eléctrico fue realizado por O. Mayr a partir de 1930, cuando propuso que la transferencia de calor al medio se realiza en toda la periferia del canal de plasma por

conducción y que la conductancia del arco varía exponencialmente con la energía almacenada, permaneciendo la sección y el tamaño del arco constante, relacionando los principales componentes eléctricos con la ecuación diferencial que lleva su nombre:

$$\frac{1}{g} \frac{dg}{dt} = \frac{1}{\tau} \left( \frac{v \cdot i}{P_0} - 1 \right)$$

Siendo:  $g$  la conductancia,  $\tau$  la constante de tiempo,  $P_0$  la potencia refrigerante y  $v$  e  $i$  la tensión y la corriente del arco eléctrico respectivamente.

En el mismo año, A.M. Cassie propuso al arco eléctrico como un canal de densidad de corriente y temperatura constante, con un fuerte campo eléctrico y con un área transversal que varía directamente con la corriente, donde la pérdida de energía por convección es proporcional a la energía almacenada por unidad de volumen y la conductancia proporcional a la sección, relacionando todas estas variables según la ecuación diferencial:

$$\frac{1}{g} \frac{dg}{dt} = \frac{1}{\tau} \left( \frac{v^2}{V_0^2} - 1 \right)$$

Siendo:  $g$  la conductancia,  $\tau$  la constante de tiempo,  $v$  la tensión "dinámica" y  $V_0$  la tensión estática.

En las ecuaciones anteriores se puede observar que ambos modelos matemáticos están descritos por dos parámetros:

- $\tau$  y  $P_0$  para el modelo de Mayr
- $\tau$  y  $V_0$  para el modelo de Cassie

RESUMEN DE LOS VALORES DE LOS PARÁMETROS			
	PARÁMETRO	CONSTANTE	VARIABLE
ECUACIÓN DE MAYR	Potencia	$P_0=121,414$ [kW]	$P_0 =398106 g^{1,44389}$ [kW]
	Cte. De tiempo	$\tau =0,50300$ [μs]	$\tau =219,067 g^{1,06929}$ [μs]
ECUACIÓN DE CASSIE	Tensión	$V_0=5414,27$ [V]	$V_0=22531,5 g^{0,24354}$ [V]
	Cte. De tiempo	$\tau =0,50300$ [μs]	$\tau =219,067 g^{1,06929}$ [μs]

**Tabla 2. Valores empíricos de las variables de las anteriores ecuaciones**

Propiedades eléctricas del arco eléctrico:

La más notable es la aparición de una tensión de arco cuyo valor tiene:

- una parte fija,  $V_{AC} \gg 20$  a  $40$  V, que aparece a partir del instante de separación de los contactos y depende de los materiales empleados,
- una parte variable,  $V_L = 50$  a  $100$  V, cuando el arco se ha estabilizado en su contexto de presión-temperatura.

Así se obtiene un valor total:

$$V_a = V_{AC} + V_L$$

Otra expresión para la tensión de arco es:

$$V_a = V_e + I_E$$

En donde:

$V_e$  es la suma de las caídas de tensión catódicas y anódicas, 20 V de media,

$I$  es la longitud del arco (en cm),

$E$  es el gradiente de potencial de la columna de arco (V/cm).

Aspecto dieléctrico del arco eléctrico:

No es suficiente que el valor de la corriente de arco pase por cero en un instante para asegurar su extinción: es necesario que el medio, que está ionizado, se regenere dieléctricamente para "resistir" a la tensión de red, que aún está presente.

Estos fenómenos de regeneración por recombinación de los iones positivos o negativos y de los electrones son, por suerte, muy rápidos.

**El efecto térmico:** constituye la más importante manifestación del arco eléctrico:

la energía calorífica.

$$E_A = V_a I_{cc} t$$

Y es proporcional:

- a la tensión de arco  $V_a$ , del orden de un centenar o más de voltios,
- a la intensidad de defecto eficaz,  $I_{cc}$

Resistencia del arco:

El comportamiento de un arco es puramente resistivo y se calcula por medio de formulas empíricas:

WARRINGTON                      R de arco =  $\frac{29000 L}{I^{1,4}}$

RUSOS                                R de arco =  $\frac{1050 L}{I}$

Donde:

$L$  = longitud del arco en m, la longitud inicial del arco es la distancia entre las líneas.

$I$  = Corriente de talla en (A).

Si existe viento se tiene:

WARRINGTON                      R de arco =  $\frac{50}{I} (V_L + 47 v t)$

Donde:

$V_L$  = tensión de línea en kV

$v$  = velocidad del viento en km/hr.

$t$  = tiempo del arco en segundos.

FORMULA AMERICANA  $R \text{ de arco} = \frac{8750 L}{I^{1,4}}$  para  $I < 1000 \text{ A}$   
L – long arco (ft)

Si las corrientes son mayores de 1000 A, se puede considerar que el arco tiene 550 V/pie.

$V_{\text{arco}} = 550 L$  entre fases

$V_{\text{arco}} = 275 L$  por fase

RTP =  $\frac{1000 \text{ kV}}{120}$

Un valor típico : un pie por cada 10 kV, entonces  $L = \frac{\text{kV}}{10}$

$V_{\text{arco primario}} = 275 (\text{kV}/10)$

$V_{\text{arco secundario}} = 27,5 (\text{kV})/\text{RTP} = 27,5 * \frac{120}{1000} = 3,3 \text{ V}$

$R_{\text{arco secundario}} = \frac{3,3}{I \text{ coci secundario}} \Omega$

## 1.2.1 Principales factores que influyen en los efectos fisiológicos producidos por el paso de las corrientes eléctricas a través del cuerpo humano.

### 1.2.1.1 Intensidad de la corriente.

Es uno de los factores que más inciden en los efectos y lesiones ocasionados por el accidente eléctrico. En relación con la intensidad de corriente, son relevantes los conceptos que se indican a continuación.

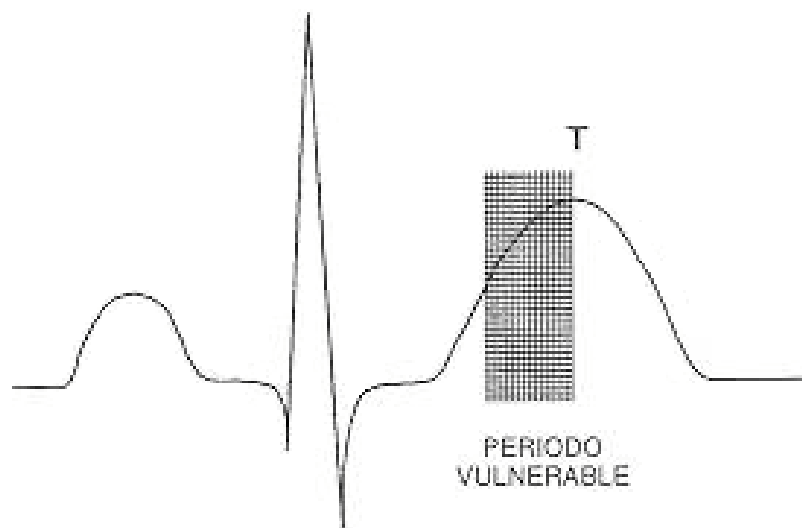
**Umbral de percepción:** es el valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en una persona, a través de la que pasa esta corriente. En corriente alterna esta sensación de paso de la corriente se percibe durante todo el tiempo de paso de la misma; sin embargo, con corriente continua solo se percibe cuando varía la intensidad, por ello son fundamentales el inicio y la interrupción del paso de la corriente, ya que entre dichos instantes no se percibe el paso de la corriente, salvo por los efectos térmicos de la misma. Generalizando, la norma CEI 479-11994 considera un valor de 0,5 mA en corriente alterna y 2 mA en corriente continua, cualquiera que sea el tiempo de exposición.

**Umbral de reacción:** es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular.

**Umbral de fibrilación ventricular:** es el valor mínimo de la corriente que puede provocar la fibrilación ventricular. En corriente alterna, el umbral de fibrilación ventricular decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardíaco.

Adecuando los resultados de las experiencias efectuadas sobre animales a los seres humanos, se han establecido unas curvas, por debajo de las cuales no es susceptible de producirse la fibrilación. La fibrilación ventricular está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico.

**Período vulnerable:** afecta a una parte relativamente pequeña del ciclo cardíaco durante el cual las fibras del corazón están en un estado no homogéneo de excitabilidad y la fibrilación ventricular se produce si ellas son excitadas por una corriente eléctrica de intensidad suficiente. Corresponde a la primera parte de la onda T en el electrocardiograma y supone aproximadamente un 10% del ciclo cardíaco completo.



**Figura 4. Período de vulnerabilidad del corazón [7].**

**Umbral de no soltar:** cuando una persona tiene sujetos unos electrodos, es el valor máximo de la corriente que permite a esa persona soltarlos. En corriente alterna se considera un valor máximo de 10 mA, cualquiera que sea el tiempo de exposición. En corriente continua, es difícil establecer el umbral de no soltar ya que solo el comienzo y la interrupción del paso de la corriente provoca el dolor y las contracciones musculares.

Corrientes superiores a los 10 mA pueden paralizar o inmovilizar los músculos. Cuando la parálisis ocurre la persona no es capaz de liberar una herramienta, cable, u otro objeto. De hecho, El objeto energizado puede ser sujetado más enérgicamente, resultando ello en un tiempo de exposición mayor.

En las figuras 5, 6, 7 y 8 se pueden observar algunos de los efectos de la corriente sobre el cuerpo humano y la gravedad de las heridas ocasionadas por ello.

- *La herramienta que sostenía este trabajador ocasionó que éste recibiera un choque eléctrico. La herida de entrada y las quemaduras termales ocasionadas por el sobrecalentamiento de la herramienta son evidentes.*



**Figura 5. Quemadura por descarga producida por una herramienta manual [4].**



**Figura 6. Quemadura por descarga producida por una herramienta manual dos días después [4].**

- *La misma mano pocos días después, cuando el daño masivo subcutáneo del tejido causó hinchazón severa (la hinchazón normalmente llega a su máximo de 24-72 horas después del choque eléctrico). Para aliviar la presión, la cual habría dañado los nervios y los vasos sanguíneos, la piel del brazo fue abierta con un corte.*

Por esta razón, herramientas portátiles que puedan ocasionar descargas eléctricas son muy peligrosas ya que si el individuo no puede soltar la herramienta, la corriente continúa circulando a través de su cuerpo durante mucho tiempo, lo cual puede ocasionar, entre otras cosas, parálisis respiratoria (en la que los músculos que controlan la respiración no se pueden mover). Usualmente se requiere de corrientes de alrededor de 30 mA para causar una parálisis respiratoria y de un tiempo de exposición de tan sólo 0,2 segundos tal y como se puede observar en la figura 3.

Corrientes superiores a los 75 mA pueden causar fibrilación ventricular y posteriormente la muerte en un lapso de tiempo muy corto.

El cuerpo de una persona es quemado por corrientes en un rango entre los 2 y 5 A, tal y como se puede observar en las figuras 7 y 8.



**Figura 7. Quemadura debida a un arco eléctrico [4].**

- *Este hombre estaba cerca de una fuente de energía cuando ocurrió una explosión eléctrica. Aunque él no tocó el equipo, arcos voltaicos se formaron en el aire y entraron a su cuerpo. La corriente fue atraída a sus axilas debido a que la transpiración es muy conductora.*



**Figura 8. Quemadura termal de contacto [4].**

- *La corriente salió por las rodillas de este hombre, encendiendo su ropa y quemando la parte superior de su pierna.*

La estructura muscular de las personas establece también diferencias. Las personas con menos estructura muscular se ven más afectadas por corrientes de magnitudes muy bajas.

Algunas veces las altas tensiones pueden ocasionar daños adicionales. Las altas tensiones pueden causar contracciones musculares violentas y la persona puede perder su equilibrio y caer con consecuencias catastróficas como se puede observar en la figura 9.

- *Este trabajador se cayó y agarró un cable de energía eléctrica para sostenerse. El choque eléctrico que ocurrió causó la momificación de sus primeros dos dedos, los cuales tuvieron que ser amputados. El ángulo agudo de la muñeca fue causado por los tendones quemados, que se contrajeron, atrayendo la mano con ellos.*



**Figura 9. Contracción involuntaria del músculo por efecto de la electricidad [4].**

Las altas tensiones pueden también ocasionar serias quemaduras como se ilustra en las figuras 10 y 11.

- **Herida de Entrada:** La alta resistencia de la piel transforma energía eléctrica a calor, lo cual produce quemaduras alrededor del punto de entrada (punto oscuro en el al centro de la herida). Este hombre fue afortunado; por poco la corriente eléctrica alcanza su médula espinal.

**Figura 10. Quemadura eléctrica (Herida de entrada) [4].**



**Figura 11. Quemadura eléctrica (Herida de salida) [4].**



- **Herida de Salida:** La corriente fluye a través del cuerpo desde el punto de entrada hasta finalmente salir por el lugar donde el cuerpo está más cerca del suelo. Este pie sufrió lesiones internas masivas que no eran evidentes y tuvo que ser amputado algunos días después.

### 1.2.1.2 Duración del contacto eléctrico

Junto con la intensidad de la corriente es el factor que más influye en el resultado del accidente ya que largos lapsos de exposición incrementan los daños en la víctima.

Por ejemplo, una corriente de 100 mA aplicada durante un tiempo de 3 segundos es tan peligrosa como una corriente de 900 mA aplicada durante una fracción de 0,03 segundos, además, hay que aclarar que una cantidad de corriente de 1/10 de Ampere a través del cuerpo de una persona circulando por un tiempo de 2 segundos es suficiente para causarle la muerte.

### 1.2.1.3 Impedancia del cuerpo humano

Su importancia en el resultado del accidente depende de las siguientes circunstancias: de la tensión, de la frecuencia, de la duración del paso de la corriente, de la temperatura, del grado de humedad de la piel, de la superficie de contacto, de la presión de contacto, de la dureza de la epidermis, etc.

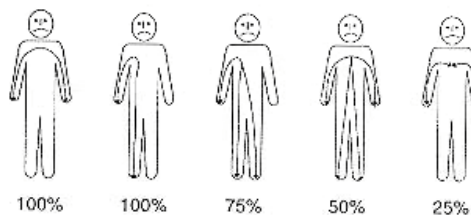
Las diferentes partes del cuerpo humano, tales como la piel, los músculos, la sangre, etc., presentan para la corriente eléctrica una impedancia compuesta por elementos resistivos y capacitivos.

Durante el paso de la electricidad la impedancia del cuerpo humano se comporta como una suma de tres impedancias en serie:

- Impedancia de la piel en la zona de entrada.
- Impedancia interna del cuerpo.
- Impedancia de la piel en la zona de salida.

Hasta tensiones de contacto de 50 V en corriente alterna, la impedancia de la piel varía, incluso en un mismo individuo, dependiendo de factores externos tales como la temperatura, la humedad de la piel, etc.; sin embargo, a partir de 50 V la impedancia de la piel decrece rápidamente, llegando a ser muy baja si la piel está perforada.

La impedancia interna del cuerpo puede considerarse esencialmente como resistiva, con la particularidad de ser la resistencia de los brazos y las piernas mucho mayor que la del tronco. Además, para tensiones elevadas la impedancia interna hace prácticamente despreciable la impedancia de la piel. Para poder comparar la impedancia interna dependiendo de la trayectoria, a continuación se indicarán las impedancias de algunos recorridos comparados con los trayectos mano-mano y mano-pie que se consideran como impedancias de referencia (100%).



**Figura 12. Porcentaje de impedancia interna de acuerdo a la trayectoria [7].**

En la tabla 3 se indican unos valores de la impedancia total del cuerpo humano en función de la tensión de contacto para corriente alterna.

Tensión de contacto	Trayectoria mano-mano, piel seca, A.C, Frecuencia 50-60 Hz superficie de contacto 50-100 cm <b>Impedancia total (<math>\Omega</math>) del cuerpo humano que no son sobrepasados por el</b>		
	<b>5% de las personas</b>	<b>50% de las personas</b>	<b>95% de las personas</b>
25	1 750	3 250	6 100
50	1 450	2 625	4 375
75	1 250	2 200	3 500
100	1 200	1 875	3 200
125	1 125	1 625	2 875
220	1 000	1 350	2 125
700	750	1 100	1 550
1000	700	1 050	1 500
Valor asintótico	650	750	850

**Tabla 3. Impedancia total del cuerpo humano en función de la tensión de contacto.**

#### 1.2.1.4 Tensión aplicada

En sí misma no es peligrosa pero, si la resistencia es baja, ocasiona el paso de una corriente elevada y, por tanto, muy peligrosa. El valor límite de la tensión de seguridad debe ser tal que aplicada al cuerpo humano, proporcione un valor de corriente que no suponga riesgos para el individuo.

Como anteriormente se mencionó, la relación entre la corriente y la tensión no es lineal debido al hecho de que la impedancia del cuerpo humano varía con la tensión de contacto. Ahora bien, por depender la resistencia del cuerpo humano, no solo de la tensión, sino también de la trayectoria y del grado de humedad de la piel, no tiene sentido establecer una única tensión de seguridad sino que se debe referir a infinitas tensiones de seguridad, cada una de las cuales correspondería a una función de las distintas variables anteriormente mencionadas.

#### 1.2.1.5 Recorrido de la corriente a través del cuerpo

La gravedad del accidente depende del recorrido de la corriente a través del cuerpo. Una trayectoria de mayor longitud tendrá, en principio, mayor resistencia y por tanto menor magnitud de corriente; Sin embargo, puede atravesar órganos vitales (corazón, pulmones, hígado, etc.) provocando lesiones mucho más graves. Aquellos recorridos que atraviesan el tórax o la cabeza ocasionan los mayores daños.

La figura 3 indicaba los efectos de la corriente en función del tiempo de aplicación; En la mencionada figura se refería al trayecto de (mano izquierda a los dos pies). Para otros trayectos se aplica el llamado **factor de corriente de corazón "F"**, que permite calcular la equivalencia del riesgo de las corrientes que teniendo recorridos diferentes atraviesan el cuerpo humano.

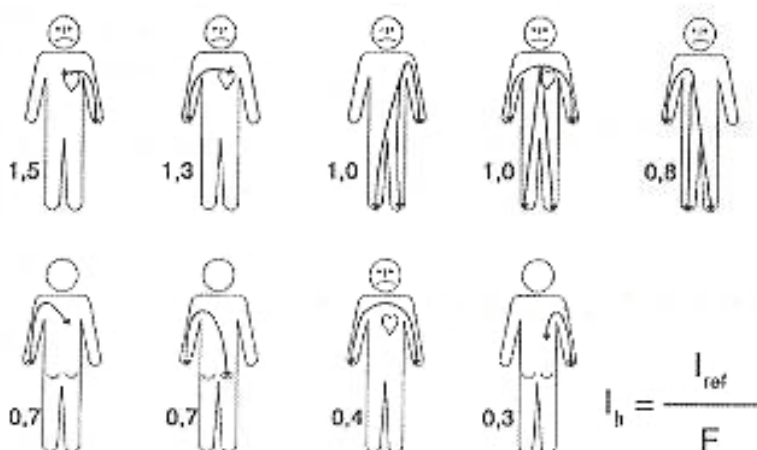


Figura 13. Factor de corriente "F" de corazón según la trayectoria de descarga [7].

La mencionada equivalencia se calcula mediante la expresión:

$$I_h = \frac{I_{ref}}{F}$$

siendo,

$I_h$  = corriente que atraviesa el cuerpo por un trayecto determinado.

$I_{ref}$  = corriente (mano izquierda-pies).

$F$  = factor de corriente de corazón.

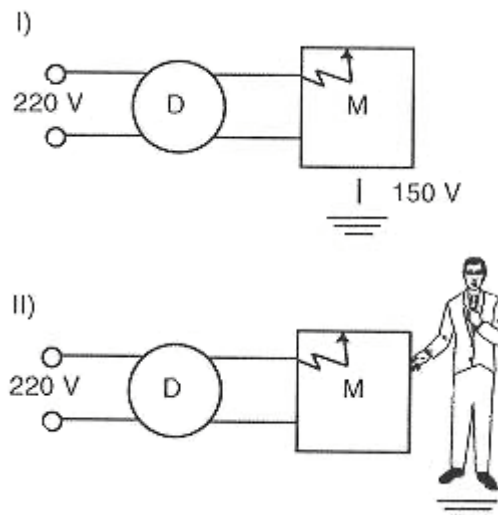
Como es lógico, para el trayecto de la figura 3, el factor de corriente de corazón es la unidad. Se aprecia que de los trayectos definidos en esta figura, el más peligroso es el de pecho-mano izquierda y el de menor peligrosidad de los reseñados el de espalda-mano derecha.

Por ejemplo, podemos aventurar que una corriente de 200 mA con un trayecto mano-mano tendrá un riesgo equivalente a una corriente de 80 mA con trayectoria mano izquierda-los dos pies.

#### **Aplicación práctica**

Como aplicación práctica de estos conceptos, se desarrollará un sencillo ejemplo:

La figura 14 representa dos estados sucesivos de una instalación provista de un interruptor diferencial (D). En el primer estado (I) se representa un motor sin toma de tierra, con una derivación que ocasiona una diferencia de potencial entre la carcasa del motor y tierra de 150 V.



**Figura 14. Caso práctico [7].**

En el segundo estado (II) se representa dicha instalación y a un individuo que se pone en contacto con la carcasa del motor.

Siendo la resistencia del individuo de 1 500  $\Omega$  indicar:

- Intensidad máxima que podrá circular a través del individuo.

- b. Tiempo máximo de actuación del interruptor diferencial para que no se alcancen los umbrales de no soltar y de fibrilación ventricular en corriente alterna de 60 Hz.

**SOLUCIÓN:**

**a)**

Según la ley de Ohm:  $V = I_h R$

$$I_h = \frac{150}{1\,500} = 0,1\,A = 100\,mA$$

**b)**

Trayectoria mano derecha-pies:

factor de corriente de corazón  $F = 0,8$

$$I_{ref} = F \times I_h = 0,8 \times 100 = 80\,mA$$

Interpolando en el gráfico de corriente alterna (figura 3):

- Umbral de no soltar  $\approx 50\,ms = 0,05\,segundos$
- Umbral de fibrilación  $\approx 550\,ms = 0,55\,segundos$

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO SOBRE SEGURIDAD EN TRABAJOS CON EQUIPOS Y SISTEMAS ENERGIZADOS

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

El suministro de energía eléctrica no sólo es considerado una necesidad básica, sino que su continuidad cobra importancia debido al impacto económico generado sobre los procesos y la producción, además del bienestar de los usuarios quienes requieren de dicha energía para realizar muchas de sus actividades cotidianas [1].

Las interrupciones del servicio pueden surgir como consecuencia de fallas sobre las redes y en los equipos, por lo tanto y debido al gran número de riesgos existentes, las fallas e interrupciones aparecen como inevitables.

Por ello es responsabilidad de las empresas realizar inversiones considerables para garantizar la confiabilidad de sus redes y reducir de esta manera este tipo de riesgos, a través de operaciones de mantenimiento que permitan mantener los sistemas en condiciones óptimas para el préstamo del servicio y que le brinden al cliente lo necesario para llevar a cabo su labor dentro del proceso desarrollo y producción [1].

Dentro de las labores de mantenimiento se pueden diferenciar los trabajos hechos con las redes desenergizadas, los cuales presentan desventajas como las de someter al cliente a la interrupción de sus labores debido al corte en el fluido eléctrico, y los trabajos realizados con las redes energizadas que exigen al cliente de las incomodidades y perjuicios que les pueda ocasionar el fenómeno de corte de energía antes mencionado.

De esta manera se puede establecer que los trabajos en redes eléctricas se clasifican en dos grandes grupos como se puede observar en el diagrama que se muestra en la figura 15.

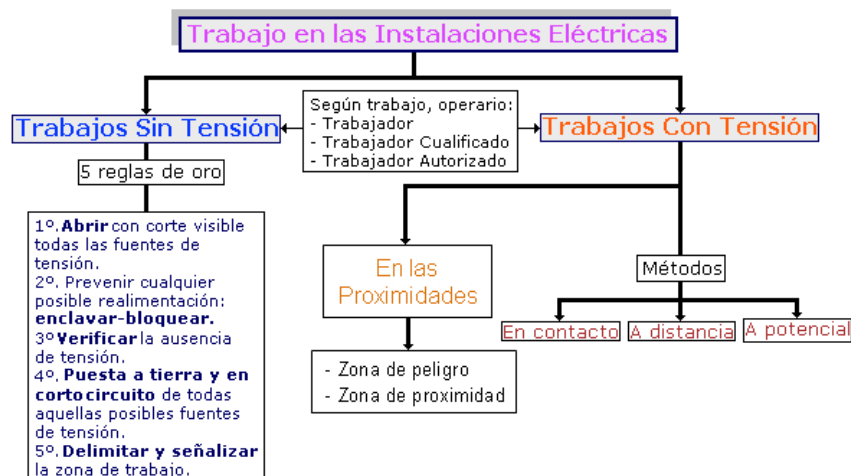


Figura 15. Métodos de trabajo en instalaciones eléctricas.

El mantenimiento de redes de distribución y transmisión energizadas comprende una serie de operaciones, que las empresas del sector eléctrico realizan diariamente, con el fin de mantener en condiciones óptimas los sistemas destinados para suministrar energía eléctrica en todo el territorio nacional, ofreciendo al cliente la comodidad de continuar con su proceso productivo, al eximirlo de las molestias que un corte de energía pueden ocasionarle.

Para tal efecto, las empresas destinadas a llevar a cabo este tipo de procesos deben garantizar la efectividad de las operaciones, teniendo en cuenta tanto las ventajas que se obtienen a través de ellas como las responsabilidades que acarrea para las empresas la realización de este tipo de labores, entre las cuales tenemos:

- Contar con personal altamente calificado, al cual se le debe proporcionar las garantías necesarias para que realice su labor de manera correcta, segura y eficiente, a través de una adecuada capacitación y control en el cumplimiento de las normas de seguridad generales y específicas que se deben seguir para la realización de cada trabajo.
- Suministrar el equipo de protección y herramientas necesarias, al igual que la instrucción pertinente en el cuidado y operación de las mismas, de tal forma que se favorezca y contribuya a la terminación satisfactoria de los procesos emprendidos por las empresas del sector eléctrico dedicadas a tal fin.

Tomando en cuenta la importancia que tiene el conocimiento claro y conciso de las técnicas de trabajo en línea viva, para garantizar un proceso correcto y seguro de resolución de las operaciones dentro de las actividades programadas por las diferentes empresas del sector eléctrico en sus procesos de mantenimiento de equipos y redes cuando estos se encuentran energizados, se hace necesario establecer una descripción clara de la técnica a utilizar y de los requerimientos que esta implica, para ayudar al operario a enfocar su trabajo de una manera adecuada que le permita planear los procedimientos a seguir desde el momento en que se le asigna una tarea hasta el momento en que la misma es culminada, además de que con esto se le brindan las herramientas necesarias para el buen discernimiento entre las condiciones que diferencian un trabajo correcto y seguro de un proceso imprudente y con el mínimo de precauciones de seguridad.

De igual manera es indispensable informar sobre los requerimientos con respecto al equipo de protección personal y a las herramientas de línea viva ya que un conocimiento completo de los aspectos a considerar para la correcta escogencia, utilización, prueba y mantenimiento permite llevar a cabo las tareas reduciendo al máximo los riesgos a que están expuestos los individuos que realizan las labores con equipos y/o sistemas energizados.

## **2.2 TÉCNICAS DE TRABAJO EN LÍNEA VIVA**

Como ya se ha mencionado debido al permanente aumento de la demanda de energía eléctrica y la importancia de su continuidad para los procesos que son llevados a cabo por el cliente, la realización de los trabajos de optimización de

redes aéreas, sin interrupción del servicio, mediante el mantenimiento en línea viva cobra cada vez una mayor importancia.

Debido a la alta complejidad de esta técnica, son necesarios tres métodos para cubrir todos los servicios que pueden ser ejecutados en línea viva y que son:

- Método a distancia,
- Método a potencial, y
- Método a contacto.

### **2.2.1 Método de trabajo a distancia**

En este método, el trabajador permanece a potencial de tierra, bien sea en el suelo, en los apoyos de una línea aérea o en cualquier otra estructura o plataforma tal y como se puede observar en la figura 16. El trabajo se realiza mediante herramientas acopladas al extremo de pértigas aislantes.

Las pértigas suelen estar formadas por tubos de fibra de vidrio con resinas epoxicas, y las herramientas que se acoplan a sus extremos deben estar diseñadas específicamente para realizar este tipo de trabajos.



**Figura 16. Trabajos mediante la técnica a distancia [9].**

Antes de iniciar el trabajo es preciso revisar el buen estado de las herramientas de las pértigas aislantes. Dichos elementos han de ser verificados periódicamente mediante los oportunos ensayos, de acuerdo con las normas técnicas aplicables.

Para llevar a cabo el trabajo mediante este método se pueden utilizar diferentes clases de protectores aislantes, destinados al recubrimiento de conductores, herrajes, aisladores, y otros elementos de la instalación. Estos protectores aislantes deben ser seleccionados entre los fabricados especialmente para este fin conforme a las normas que les sean de aplicación y su aislamiento debe estar dimensionado para soportar con garantías de seguridad las tensiones de la instalación a intervenir.

El método de trabajo a distancia requiere planificar cuidadosamente el procedimiento de trabajo, de manera que en la secuencia de ejecución se mantengan en todo momento las distancias mínimas de aproximación ( $D_{PEL}$ ) en las condiciones más desfavorables, tal y como se puede observar en la figura 17 y en la tabla 4.

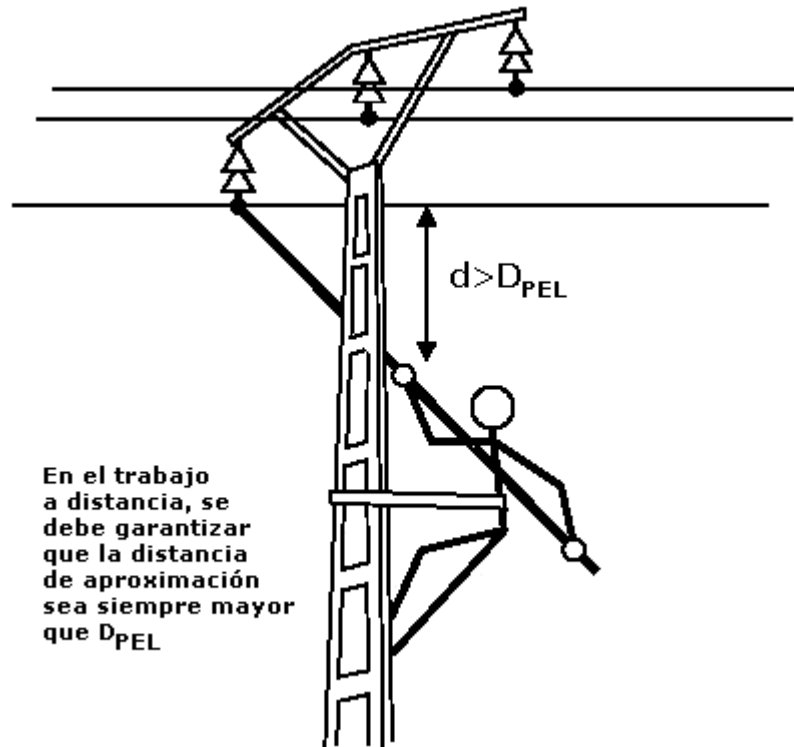


Figura 17. Distancias límites de aproximación [7].

DISTANCIAS LÍMITE DE LAS ZONAS DE TRABAJO EN (cms)				
$V_n$	$D_{PEL-1}$	$D_{PEL-2}$	$D_{PROX-1}$	$D_{PROX-2}$
< 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	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

Tabla 4. Distancias límites de aproximación en las zonas de trabajo

En donde  $V_n$  = tensión nominal de la instalación (kV).

La tensión nominal de una instalación en kilovolts,  $V_n$ , es el valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para el que ha

sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para los sistemas trifásicos se considera como tal la tensión Fase a Fase (valor eficaz entre fases).

$D_{PEL-1}$  = distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista riesgo de sobretensión por rayo (cm).

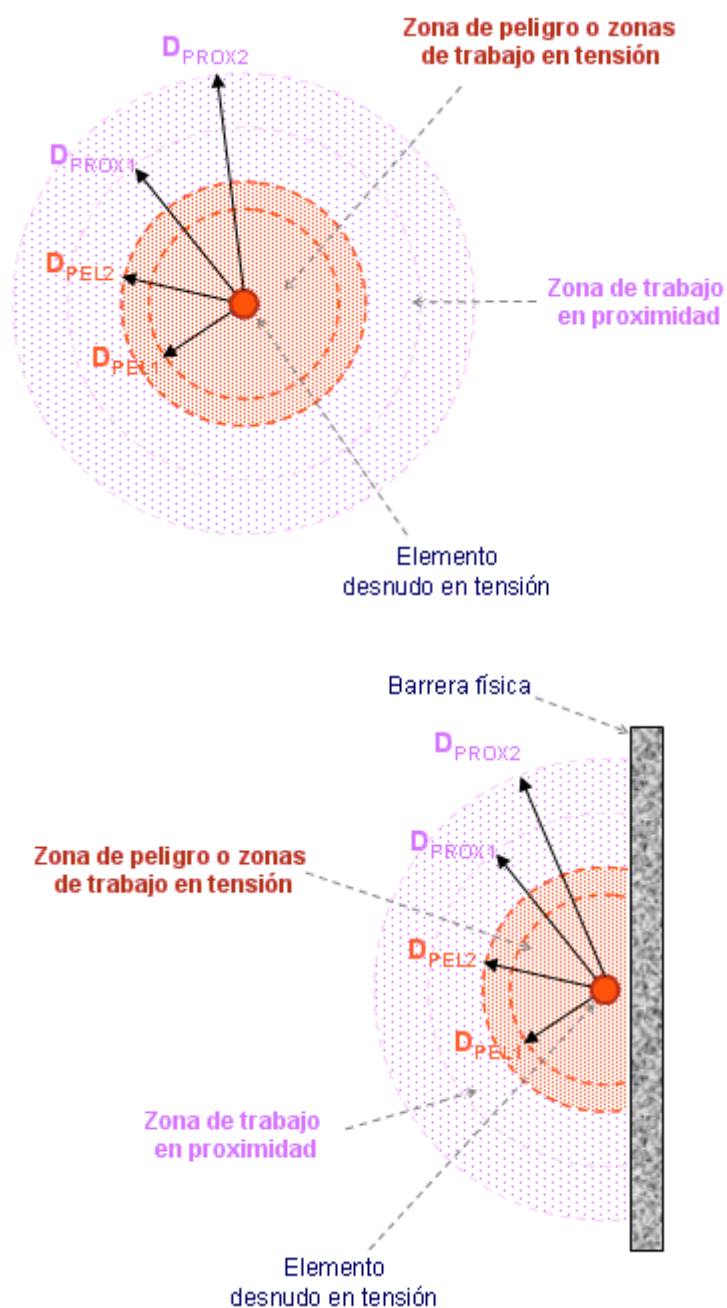


Figura 18. Zonas de trabajo sobre elementos con tensión [9].

$D_{PEL-2}$  = distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).

Las distancias  $D_{PEL}$  son límites que han de ser respetados cuando se realizan trabajos en tensión o en proximidad por parte de los trabajadores autorizados o cualificados u otros trabajadores bajo la vigilancia de ellos.

$D_{PROX-1}$  = 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 (cm).

$D_{PROX-2}$  = 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 (cm).

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

Las distancias  $D_{PROX}$  se refieren a los límites que han de ser respetados durante los trabajos realizados por cualquier trabajador que no sea "calificado".

En la tabla 5 se establece el perfil del personal que se debe destinar para la realización de ciertos trabajos eléctricos a niveles de baja y alta tensión

Formación - Capacitación Mínima de los Trabajadores para Trabajos Eléctricos								
	Trabajos sin tensión		Trabajos con tensión		Maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones		Trabajos en proximidad	
TRABAJO	Supresión y reposición de la tensión	Ejecución de trabajos sin tensión	Realización	Reponer fusibles	Mediciones, ensayos y verificaciones	Maniobras locales	Preparación	Realización
<b>BAJA TENSIÓN</b>	<b>A</b>	<b>T</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>T</b>
<b>ALTA TENSIÓN</b>	<b>C</b>	<b>T</b>	<b>C+AE</b> (Con vigilancia de un jefe de trabajo)	<b>C</b> (a distancia)	<b>C o C</b> auxiliado por <b>A</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>A o T</b> vigilado por <b>A</b>
T = CUALQUIER TRABAJADOR A = AUTORIZADO C = CAPACITADO C + AE = CALIFICADO Y AUTORIZADO POR ESCRITO					1. Los trabajos con riesgos eléctricos en AT no podrán ser realizados por trabajadores de una Empresa de Trabajo Temporal.  2. La realización de las distintas actividades contempladas se harán según lo establecido en la normativa interna de seguridad.			

**Tabla 5. Formación y capacitación de los trabajadores para trabajos eléctricos.**

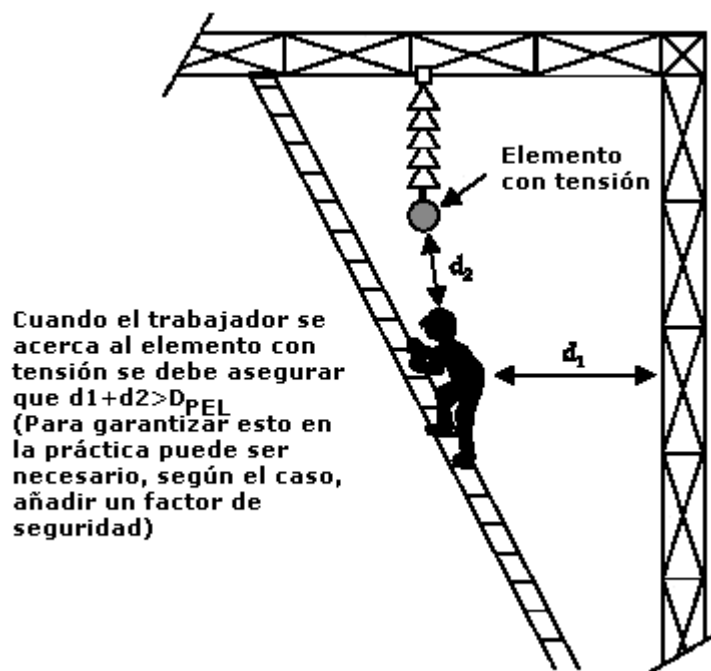
### 2.2.2 Método de trabajo a Potencial o "a Mano limpia"

Este método requiere que el trabajador manipule directamente los conductores o elementos en tensión, para lo cual es necesario que se ponga al mismo potencial del elemento de la instalación donde trabaja. En estas condiciones, debe estar asegurado su aislamiento respecto a tierra y a las otras fases de la instalación mediante elementos aislantes adecuados a las diferencias de potencial existentes.

Este método de trabajo requiere para su ejecución una alta especialización y contar con los medios adecuados y el concurso de trabajadores especialmente entrenados.

Algunas precauciones que se deben tener son:

- El aislamiento del trabajador respecto a tierra (y respecto a las otras fases) es un aspecto esencial de este método de trabajo. Los elementos que sostienen al trabajador (escaleras aislantes, dispositivos elevadores, etc.) deben proporcionar un aislamiento adecuado al nivel de la tensión existente.
- Antes de comenzar el trabajo se comprobará la corriente de fuga que circula por el elemento del que depende el aislamiento del trabajador. En caso de que este aislamiento pueda variar debido a las condiciones ambientales (condensaciones por humedad del ambiente, contaminación del aire, etc.) se recomienda controlar la corriente de fuga durante la ejecución del trabajo. Esto puede lograrse mediante un microampermetro vigilado por un trabajador o mediante la instalación de un dispositivo automático de alarma. El criterio de seguridad comúnmente admitido es que la citada corriente de fuga se mantenga por debajo de un microampere por cada kilovolt nominal de la instalación. Por ejemplo, si la tensión nominal es de 220 kilovolts, la intensidad de fuga admisible sería de 220 microamperes.
- Durante el acceso del trabajador hasta el elemento en tensión, por ejemplo, izado mediante un dispositivo elevador con brazo aislante o subiendo por sí mismo a través de una escalera aislante, deben respetarse en todo momento las distancias mínimas de trabajo establecidas anteriormente ( $D_{PeI}$ ), Ver figura 19.
- Durante la ejecución del trabajo también debe cumplirse, en todo momento, dicho requisito, considerando el tamaño de las herramientas y materiales conductores utilizados. En la práctica, para garantizar tales distancias puede ser necesario, según el caso, trabajar con un margen o factor de seguridad que deberá estudiarse para cada tipo de operación, en función de la evaluación de riesgos.



**Figura 19. Método de trabajo a potencial (Distancias de aproximación) [7].**

- El movimiento de acercamiento del dispositivo elevador hacia el conductor o parte energizada debe ser lento y uniforme de tal manera que no perturbe el equilibrio del liniero.
- Cuando el trabajador esté a una distancia aproximada de 50 o 60 centímetros del conductor energizado, debe ejecutar el contacto inicial en forma rápida, fuerte y segura, verificando que la grapa de la pèrtiga de contacto quede bien sujeta al conductor para que la conexión sea perfecta.
- Los operarios que trabajan con el método "a potencial" deben ir vestidos con ropa externa conductora (pantalón, chaqueta, capucha, guantes y calzado). Esta indumentaria constituye un apantallamiento tipo Faraday que impide la penetración del campo eléctrico en su cuerpo. En la práctica, se considera necesario tomar dicha medida siempre que la tensión nominal de la instalación sea igual o superior a 66 kV. Para tensiones menores la decisión se basará en el resultado de la evaluación de riesgos.
- Antes de que el trabajador toque el elemento en tensión, debe unirse eléctricamente a él con el fin de ponerse al mismo potencial. Esto se realiza mediante la conexión del conductor auxiliar unido por el otro extremo al traje conductor que viste el trabajador. Dicho conductor debe permanecer conectado al elemento en tensión durante todo el tiempo que dure el trabajo.
- Antes de iniciar la elevación, el vehículo del elevador debe ser puesto a tierra y en conexión equipotencial con el resto de masas metálicas existentes en la zona de trabajo. Asimismo, antes de comenzar el trabajo debería hacerse una comprobación de la corriente de fuga del brazo aislante del elevador y

mantener este control en el transcurso de las operaciones cuando el aislamiento pueda variar debido a las condiciones ambientales; condensaciones por humedad, contaminación ambiental, etc.

- La verificación inicial puede realizarse poniendo la barquilla situada en el extremo del brazo aislante en contacto con una fuente cuya tensión sea igual a la de la instalación donde se vaya a trabajar. La corriente de fuga no debería exceder de un microampere por cada kilovolt de tensión nominal de la instalación. En caso contrario, el trabajo debería ser suspendido.
- Las distancias mínimas de trabajo especificadas (**D<sub>PeI</sub>**) deben ser respetadas respecto a todos los elementos metálicos puestos a tierra.
- Durante el desarrollo de estos trabajos, no se debe entregar al operario que permanece a potencial ningún material, desde los apoyos o desde el suelo, sin las debidas condiciones de aislamiento.
- Por otra parte, hay que asegurarse de que los dispositivos utilizados para la elevación del trabajador estén libres de balanceos u oscilaciones, con el fin de controlar en todo momento las distancias de aproximación y proporcionar al operario un apoyo seguro y estable durante la ejecución del trabajo.

### **2.2.3 Método de trabajo a Contacto**

La técnica a contacto es aquella en la que el trabajador realiza su labor estando aislado de los objetos conectados a tierra mediante un equipo aislado y a través de equipo como guantes y mangas aislantes de caucho.

En el método de trabajo a contacto las protecciones aislantes cumplen la misma función que en el método de trabajo a distancia: recubrimiento de conductores y elementos activos, herrajes, aparatos, etc., con los cuales pueda entrar en contacto de forma accidental el trabajador que los realiza.

Cuando el trabajo se realice en instalaciones de alta tensión las principales precauciones que deberán ser adoptadas son las siguientes:

- Mantener las manos protegidas mediante guantes aislantes adecuados a la tensión nominal de la instalación y, si es preciso, usar mangos aislantes para los brazos.
- Realizar el trabajo sobre un soporte aislante (plataforma, barquilla, etc.) que asegure el aislamiento del trabajador respecto a tierra y proporcione un apoyo seguro y estable.
- El trabajador mantendrá la distancia de seguridad **D<sub>PeI</sub>** respecto a otros puntos de diferente potencial que no se encuentren apantallados o protegidos.
- Vestir ropa de trabajo sin cremalleras u otros elementos conductores.
- No portar pulseras, cadenas u otros elementos conductores.
- Usar herramientas aisladas, específicamente diseñadas para estos trabajos.

- Aislar, en la medida de lo posible, las partes activas y elementos metálicos en la zona de trabajo mediante accesorios aislantes (fundas, capuchones, películas plásticas aislantes, etc.).

### **2.3 EQUIPO DE PROTECCIÓN**

El uso y desarrollo de equipo de protección flexible, para aislamiento eléctrico, ha sido un factor primordial para las empresas de servicio de energía, al garantizar a los linieros una absoluta seguridad, al usarlos en el mantenimiento de redes energizadas.

Durante muchos años el equipo flexible de protección fue totalmente de caucho natural, con ciertos aditivos para conseguir diferentes grados de flexibilidad y de resistencia al envejecimiento. Los nuevos descubrimientos y los avances tecnológicos, en compuestos elastoméricos, han permitido obtener materiales sintéticos que superan las propiedades del caucho natural al ser usados en determinados trabajos, o sobre equipos o redes donde el envejecimiento, la alteración de características por fenómenos atmosféricos y la resistencia al efecto corona son de primordial importancia para un desarrollo adecuado de los procesos.

La mayor parte de los trabajos de mantenimiento de redes aéreas de distribución en línea viva, que son realizadas por gran cantidad de empresas de servicio de energía, son ejecutados empleando técnicas de trabajo a contacto, mediante el uso de equipo de protección flexible.

Gran diversidad de equipo de caucho es también usado en combinación con equipo para otros tipos de trabajo, y como respaldo de protección en algunos casos, para otras labores en caliente, tales como el trabajo a distancia con bastones y pértigas, ya sea en redes y líneas de distribución o de transmisión, o en el mantenimiento de subestaciones.

Un operario bien entrenado deberá ser capaz de organizar rápidamente, en su mente, los diversos tipos de equipo de protección flexible y tener un claro entendimiento de su uso.

El equipo de protección de caucho es bastante costoso y, por tanto, para evitar el maltrato y deterioro del mismo se deberá tener un cuidado especial, y efectuarle su esencial mantenimiento periódico, por razones tanto de seguridad como económicas.

La denominación de caucho se refiere al término genérico que incluye elastómeros y compuestos elastoméricos, dependiendo de su origen y, en forma general, se tratará al equipo de protección flexible como equipo de protección de caucho.

Todo equipo nuevo de protección de caucho es ahora marcado y rotulado con etiquetas de color, codificados según los requerimientos de normas internacionales, (Ver tabla 12), en la que excepto para la clase 0, la tensión máxima de uso está basada en la siguiente fórmula:

$$V_{\max} = 0,95 V_p - 2000 \quad [V]$$

En donde:

$V_{max}$  = *Máxima tensión nominal de diseño*

$V_p$  = *Tensión de prueba*

### **2.3.1 Equipo de protección de caucho natural (tipo I)**

Debido a que el caucho es de origen vegetal, está sujeto a oxidación, causal de resquebrajamientos, cortes o fisuras del material, que a la postre ocasionan su total deterioro. Este efecto de oxidación del caucho natural se acelera rápidamente en presencia de ozono (oxígeno triatómico), producido ya sea por efecto corona, por formación de arcos o por rayos ultravioleta.

Entre mayor sea, tanto el tiempo de exposición como la concentración de ozono, o el esfuerzo por efecto de la tensión, mayor será el grado de profundidad de los cortes. Algo muy importante es el hecho de que el deterioro aparece primero en puntos sometidos a esfuerzo mecánico.

Este efecto con frecuencia es conocido como "cortes corona", "cortes ozono" o deterioro, oxidación o resquebrajamiento por ozono, y es de suma importancia, debido a que acaba con la utilidad del caucho natural y, por tanto, debe ser completamente entendido por todas las personas que utilizan equipo de protección de este tipo.

#### **2.3.1.1 Cortes corona**

La ionización del aire que rodea a un conductor, cuando el gradiente de tensión excede cierto valor, se conoce como efecto corona. Dicha ionización produce ozono "O<sub>3</sub>", que es una forma muy activa del oxígeno, y cuya acción sobre el caucho natural produce el "corte corona" que se manifiesta en este material como cortes profundos, cuando dicho equipo está bajo esfuerzo mecánico.

El "corte corona" es ampliamente acelerado cuando hay niveles de humedad bastante altos.

Los cortes son causados por la transformación de la larga cadena de moléculas de caucho en moléculas de cadena corta por efecto de rompimiento de las primeras.

Las pruebas han demostrado que el ozono tiene pequeños efectos aparentes sobre el caucho relajado, pero un esfuerzo tan pequeño como un 2% de elongación o compresión, puede iniciar un agrietamiento. Los máximos "cortes ozono" pueden tener lugar cuando el caucho está bajo un esfuerzo de 10% a 20% de elongación o compresión.

Equipo aislante de caucho natural, deformado bajo ciertas condiciones, se cortará después de algunas horas a potenciales tan bajos como 2 400 V. El caucho natural, por ejemplo, bajo esfuerzo mecánico, puede ser cortado en 3 minutos, durante pruebas de laboratorio, a las tensiones de prueba especificadas en la tabla 12.

### **2.3.2 Equipo de protección de caucho sintético (tipo II)**

Para evitar los inconvenientes del deterioro por ozono o "cortes corona", se han desarrollado los compuestos elastoméricos, para sustituir al caucho natural en la fabricación del equipo de protección tipo II.

El material está sujeto a deterioro químico y posibles pérdidas de propiedades aislantes después de prolongada exposición al calor, sol, aceite y grasa, o en general a alteraciones debidas a agentes atmosféricos.

Algunos signos de deterioro son los cambios de textura, tales como agrietamiento, protuberancia, reblandecimiento, endurecimiento, o transformación del material en algo pegajoso o inelástico.

### **2.3.3 Equipo de protección flexible para línea viva**

En esta sección se indican el cuidado, uso, inspección, pruebas y almacenamiento adecuado, que se le debe dar al equipo de protección flexible para aislamiento eléctrico de operarios que trabajan con equipos y sistemas energizados, y se presentan elementos introductorios de capacitación al personal en cuanto al conocimiento e importancia de este equipo y sus diferentes usos, tanto en alta, media como en baja tensión, según sus características.

#### **2.3.3.1 Tipos de equipo**

Los diferentes implementos usados como equipo de protección flexible para aislamiento eléctrico, tanto personal como de estructuras y equipos, en el mantenimiento de sistemas energizados, son principalmente los siguientes:

##### **2.3.3.1.1 Guantes de caucho**

Los guantes de caucho son los implementos más importantes, considerados como "La primera línea de defensa", en la protección personal de los operarios de línea viva, contra contacto accidental de líneas o equipo energizado.

Para que garanticen una excelente seguridad deben ser de elevada rigidez dieléctrica, gran resistencia física, flexibilidad y durabilidad.

Son diseñados completamente sin ninguna costura y de acuerdo a la forma natural de la mano, reduciendo de esta forma la fatiga natural de los operarios al usarlos.

Los guantes de caucho son de cinco clases, dependiendo de la tensión a la que deberán ser usados. Las clases difieren en cuanto al espesor del caucho y al nivel de tensión que tendrán que soportar. Los guantes de caucho 1, 2, 3 y 4 son comúnmente denominados "Guantes de linieros", mientras que a los de clase 0 normalmente se les designa "Guantes de baja tensión". Estos guantes se consiguen en diferentes diseños, longitudes, tamaños y colores

##### **2.3.3.1.2 Mangas de caucho**

Las mangas de caucho ofrecen protección personal a los linieros contra la posibilidad de contactos imprevistos de los brazos y los hombros entre fases,

como también de contactos de fase a tierra, al trabajar sobre líneas y equipos energizados.

Las mangas aislantes de caucho, usadas siempre conjuntamente con los guantes dieléctricos, cubren el brazo, codo y el área del hombro. El diseño curvado del codo, correspondiente a la configuración de la curvatura natural del brazo, las hace más confortables al usarlas, debido a su gran flexibilidad y a su facilidad de doblamiento sin tirantez en el codo. El extremo de unión en el hombro, sobre cada manga permite movimiento libre del brazo, buena cobertura del área del hombro y una confortable colocación.

Las mangas de caucho se obtienen en diferentes longitudes, espesores y diseños; Se consiguen de cinco clases, dependiendo de la máxima tensión a la cual vayan a ser usadas y al igual que los guantes las hay de dos tipos I y II.

### **2.3.3.1.3 Mangueras flexibles de caucho para conductores**

Las mangueras son hechas de compuestos elastoméricos de gran rigidez dieléctrica y se usan como cobertura para aislamiento eléctrico de conductores, y forma parte indispensable del equipo de protección de los operarios de línea viva, ya que protege a los linieros de cualquier contacto accidental con líneas energizadas.

La abertura longitudinal que tienen las mangueras permite que éstas puedan ser colocadas fácilmente en los conductores, ya sea por debajo o por encima de éstos y de igual forma, puedan ser retiradas con facilidad. Como los extremos o bordes de dicha abertura son longitudinalmente traslapados, tienen prácticamente, en esta forma, un cierre automático que impide que la manguera pueda accidentalmente desalojarse del conductor.

Las mangueras tienen en sus extremos, en ambos lados de sus superficies laterales exteriores, unas muescas tipo "diente de sierra", con un lado inclinado, para facilidad de inserción y el otro lado vertical para facilitar su retiro cuando se requiere traslapar unas con otras, o cuando se utilicen en unión con cobertores de aisladores.

Esta característica evita deslizamientos y permite su fácil separación, cuando una labor ha sido terminada. La superficie interior del extremo con conector de las mangueras, tiene unos rebordes o nervaduras, en cantidad tal que permite agarrar y sostener firmemente una manguera adyacente; Dicho conector recibe y traslapa el extremo dentado de la manguera adyacente.

Debido a la flexibilidad que tienen las mangueras, pueden fácilmente acomodarse a la diversidad de formas y curvaturas de las derivaciones, puentes o conexiones, sin permitir eventuales aberturas que pudieran dejar al descubierto el conductor.

Como el peso de las mangueras es bastante ligero, pueden ser fácilmente transportadas, elevadas a la zona del trabajo y manipuladas allí con facilidad.

Las mangueras se obtienen de diferentes longitudes, diámetros, estilos, tipos, colores y composiciones.

#### **2.3.3.1.4 Cobertores de caucho para aisladores**

Los cobertores de aisladores son hechos de compuestos elastoméricos tipo II, de alta calidad y gran rigidez dieléctrica, diseñados con extremos a ambos lados del centro, con el objeto de que sean utilizados en unión con las mangueras, para cubrir todo tipo de aislador, ya sea de pin o de disco y el conductor unido a éste, para protección contra contactos accidentales.

La superficie interior de los brazos de los aisladores tiene un ranurado especial que permite el alojamiento del extremo dentado de las mangueras, para que éstas queden aferradas con el cobertor de aislador y evitar, de ésta forma, cualquier brecha que pudiera dejar expuesto el conductor.

Las fuertes paredes de los cobertores de aisladores permiten que éstos puedan permanecer derechos bajo severas condiciones. Además, estos cobertores no requieren de aditamentos para sostenerse en su posición, debido a que se ajustan firmemente en la parte inferior de los aisladores, de tal modo que impide que se puedan salir de su posición.

#### **2.3.3.1.5 Mantas aislantes de caucho**

Las mantas, hechas de hojas moldeadas de caucho aislante o elastómero sintético, usualmente de formas ya sea cuadrada o rectangular, son diseñadas para cubrir equipo eléctrico energizado, para evitar contacto directo o accidental de operarios.

Las mantas tienen un alto grado de aislamiento y flexibilidad, garantizando así un versátil sistema de cubrimiento de herrajes irregulares en líneas o aparatos donde no pueden ser utilizados cobertores específicos.

Los extremos reforzados y redondeados de las mantas, lo mismo que sus ojales también reforzados, dan a estas, un refuerzo adicional y una resistencia al desgarre.

Las mantas se consiguen de tres clases: 0, 2 y 4, dependiendo de la tensión a la cual vayan a ser usadas, del tipo I y II y de un amplio rango de tamaños, espesores, estilos y colores.

#### **2.3.4 Cuidados generales del equipo de protección flexible**

Para garantizar unas buenas condiciones de seguridad, de eficiencia y un largo servicio del equipo de protección flexible, se deberá tener permanentemente la precaución de **CONSERVARLO SIEMPRE LIMPIO** y evitar dejarlo sobre líneas energizadas, a no ser que sea absolutamente indispensable, o se dificulte su retiro inmediato, pero esto sólo podrá ser por el tiempo exclusivamente necesario, después de lo cual deberá ser secado y limpiado completamente.

El equipo de protección de caucho deberá ser probado regularmente e inspeccionado convenientemente en el terreno.

Los aceites hidráulicos, las grasas y lubricantes, al igual que ciertos agentes químicos como los inhibidores usados en los conectores de compresión y otros productos similares, son enemigos naturales del caucho y por tanto, el equipo de protección flexible deberá protegerse contra estos elementos. Los productos

a base de petróleo, encontrados sobre cualquier material de caucho, deberán ser limpiados inmediatamente y lavados tan pronto como sea posible.

Los cuidados que se deberá tener con los diferentes implementos del equipo de protección flexible, son los siguientes:

#### **2.3.4.1 Equipo de protección personal**

Las mangas y guantes de caucho deberán ser mantenidos en las mejores condiciones posibles en todo momento.

Las mangas y guantes de caucho deberán ser lavados frecuentemente para quitarles la suciedad y la salinidad, debida a la transpiración, del interior tanto de las mangas como de los guantes.

Para facilitar esta labor es conveniente voltear los implementos al revés y utilizar para el lavado agua con jabón o detergente suave. Estos equipos deberán ser enjuagados completamente, para evitar posible irritación debida a los residuos de jabón, para luego ponerlos a secar en zonas de corrientes de aire fresco y finalmente, proceder a voltearlos para dejarlos en su posición normal.

Los guantes de caucho no deberán ser dejados al revés, para evitar deformación del caucho en las zonas de los extremos de los dedos, del punto de unión a éstos, y en los extremos, tanto del canto como del pulgar, lo que acelerará el deterioro del caucho. Además, los guantes de caucho nunca deberán ser usados al revés.

Las mangas tampoco deberán ser dejadas al revés.

Los guantes interiores de algodón también deberán ser lavados, frecuentemente, para evitar que se presenten problemas de dermatitis.

Si los guantes y mangas llegaran a estar en contacto con aceite de transformadores, inhibidores o cualquier otro producto a base de petróleo, deberán ser completamente limpiados, una vez terminada la labor. Si estos productos no son removidos prontamente, pueden producirle "ampollas" o "hinchazones" al caucho. Aunque éstas protuberancias no afectan apreciablemente las propiedades dieléctricas del caucho, si reducen en gran medida, hasta en un 25%, la resistencia mecánica al desgarre.

No se deberá permitir que los guantes y mangas de caucho se sequen directamente al sol, por la posibilidad de deterioro por ozono.

Un talco antiséptico suave, refrescante y lubricante deberá espolvorearse en el interior de los guantes, para confortabilidad de los linieros, ya que así se facilita la postura y retirada de los mismos.

El talco deberá ser de características tales que absorba la humedad y la transpiración, pero sin que sea nocivo para la piel o disminuya las características dieléctricas del guante de caucho. El uso permanente del talco ayuda a evitar que los guantes se vuelvan pegajosos.

Después de cada limpieza y prueba de los guantes y mangas, siempre se deberá espolvorear este tipo de talco, en el interior de estos.

Para obtener la más alta protección y vida de los guantes aislantes de caucho, deberán ser usados siempre guantes protectores de cuero sobre los dieléctricos, para suministrar la protección mecánica necesaria contra cortes, "punzazos" o raspaduras.

#### **2.3.4.2 Cobertores de caucho de conductores y de aisladores**

Las mangueras y cubreaisladores deben ser lavados con bastante frecuencia, preferiblemente en agua caliente y usando detergentes o jabones que permitan una adecuada limpieza.

Si las impurezas que tienen estos cobertores son de difícil remoción, como lubricantes o grasas comunes, o aún del tipo antioxidante usadas en los conectores, deberá usarse una solución detergente más fuerte de la utilizada normalmente, o mediante acetona metil-etil-cetona. Después de terminada la labor de limpieza y tan pronto se hayan secado estos cobertores, se deberá espolvorear el interior de ellos con talco.

Los operarios deberán evitar dañar este tipo de cobertores con los amarres y empalmes de conductores, ya sean preformados o entizados, con astillas tanto de postes como de cruceta y con herramientas o herrajes puntiagudos o cortantes.

Se deberá tener la precaución de evitar que las mangueras queden sometidas a esfuerzos mecánicos, puesto que éstas, además de estar diseñadas tan sólo como equipo de protección, a través de esta acción se contribuye a su deterioro en presencia del ozono.

Las mangueras siempre deberán ser subidas o bajadas en sus respectivos recipientes especiales y los cubreaisladores preferiblemente en bolsas adecuadas para tal fin. Este es el método más seguro, para evitar que se caiga ya sea una manguera o un cobertor de aislador y pueda golpear a alguien que esté en un nivel inferior, además de que puede llegar a estropearse dicho cobertor al caer.

#### **2.3.4.3 Cobertores de aparatos, estructuras y herrajes**

Las mantas y cobertores de cortacircuitos y pararrayos son diseñados para aislamiento eléctrico solamente y no deberían ser usados para protección mecánica.

Este equipo de protección deberá ser lavado con bastante regularidad usando detergentes o jabones apropiados para una buena limpieza y, de ser posible, preferiblemente con agua caliente. Los agentes limpiadores que se utilicen, deben ser de los tipos recomendados por el fabricante, para que no degraden las cualidades aislantes de los cobertores.

Deberá usarse máquinas lavadoras cuando la cantidad de este tipo de cobertores que se utilice sea bastante grande, pero teniéndose cuidado de que no existan en la máquina superficies interiores ásperas, protuberancias o uniones puntiagudas que puedan raspar, cortar o punzar los cobertores.

Después de que se haya terminado el lavado de los cobertores se deberán enjuagar con agua, para luego dejarlos suspendidos para que escurran completamente, dejándolos que se sequen al aire libre.

Deberá tenerse mucho cuidado cuando se cubran objetos cortantes o punzantes que puedan agujerear, cortar o averiar los cobertores.

Las mantas y cobertores deberán ser subidos y bajados en sus correspondientes recipientes.

Algunas veces puede ser temporalmente necesario plegar una manta en uno de los extremos de la canasta, para trasladarse de un lugar a otro en la zona de trabajo, o cuando se está procediendo al retiro de los cobertores en la línea, al finalizar un servicio. Cuando se realiza esta operación, se deberá hacer uso de los ganchos de sujetar mantas, para asegurar éstas en los bordes de la canasta y evitar así que las mantas se caigan y se dañen.

### **2.3.5 Inspección visual del equipo de protección flexible**

Es aconsejable efectuar inspecciones visuales periódicas al equipo de protección flexible, para estar completamente seguros de que éste se encuentre siempre en perfectas condiciones, de tal modo que pueda garantizar plena seguridad en el caso de que se requiera, de un momento a otro, una utilización inmediata.

El equipo de protección de caucho que estando en los cuartos de almacenamiento vaya a ser retirado de allí para ponerlo en servicio, deberá ser visualmente chequeado, para asegurarse de que no haya sido averiado o dañado mientras permanecía guardado.

Se deberá prestar especial atención al equipo que retorne a almacenamiento, luego de trabajos especiales, o después de haber sido dejado, durante un tiempo prolongado, en redes energizadas bajo condiciones de lluvia.

A los diferentes elementos del equipo de protección flexible se les deberá realizar inspecciones visuales como se describe a continuación:

#### **2.3.5.1 Equipo de protección personal**

Los guantes de caucho deberán ser inspeccionados con aire por medio de aparatos infladores especiales. Otra forma de efectuar la prueba, especialmente en el terreno, consiste en enrollar el guante, en el lado del reborde superior, e ir apretando fuertemente hacia el área central (zona correspondiente a la palma de la mano en el guante), de forma tal que el aire atrapado estire el caucho.

Un método muy común, consiste en apretar los extremos opuestos del puño (es decir, las partes del guante que corresponden al canto de la mano o zona del meñique y la zona del pulgar) con los dedos pulgares e índices y girar el guante o enrollarlo, manteniendo dichos extremos como eje de la circunferencia descrita (formada en el plano vertical-frontal del operario que realiza la inspección) por el guante (al realizar las vueltas).

Al realizar esta operación el guante se llena de aire y entonces se mantiene firmemente asegurado con una mano, de forma tal que no se le escape el aire.

Luego se procede a apretar partes diferentes del guante, para comprobar si éste se encuentra en buen estado o si por el contrario, tiene alguna fuga que determinaría su retiro inmediato de servicio.

Es conveniente que los guantes de caucho sean de dos colores, preferiblemente amarillo "en el interior" y negro "en el exterior", de tal modo que faciliten la inspección visual, debido a las ventajas del contraste de colores. Si se presentan rasgaduras o arañazos tan profundos que permitan visualizar el color claro de la parte interior, es motivo para dictaminar que el deterioro es bastante serio y, por tanto dichos guantes deben ser retirados de servicio.

Las mangas pueden ser inspeccionadas visualmente al estirarlas, enrollándolas entre los dedos, para revelar fallas como hendiduras, huecos, cortes o grietas, o materias extrañas incrustadas en sus superficies, especialmente del tipo metálico como pequeñas virutas o astillitas punzantes, las cuales no son detectadas fácilmente si las mangas se hallan extendidas. La inspección deberá realizarse tanto en la superficie exterior como en la interior de las mangas.

Es recomendable que las mangas de caucho, al igual que los guantes, también sean de dos colores, para facilidad de la inspección visual.

Para las pruebas de aire se deberá tener la precaución de que el equipo de protección elastomérico, tipo II, no podrá ser estirado más de un 25% de su tamaño natural, mientras que el de caucho natural, tipo I, se puede estirar hasta el 100% de su tamaño normal.

### **2.3.5.2 Cobertores de conductores de aisladores**

Las mangueras deben ser completamente inspeccionadas por dentro y por fuera. Para examinarlas interiormente, las mangueras deben ser sostenidas en primer lugar, por un extremo, con la mano izquierda y con la derecha coger un sector de la manguera un poco distante del área aferrada por la otra mano, con la abertura longitudinal de la manguera hacia arriba y proceder entonces a doblar hacia abajo la manguera, para con la ayuda del pulgar derecho lograr desplegarla completamente, de modo tal que la abertura permita visualizar enteramente la parte interior de la manguera entre las dos manos.

Mientras la manguera está sostenida firmemente con ambas manos, la mano izquierda puede ser movida hacia arriba y la derecha hacia abajo, manteniendo siempre la manguera combada, hasta inspeccionar la totalidad de la sección interior de la misma.

Posteriormente, se sostiene el otro extremo de la manguera con la mano derecha, mientras que con la izquierda se procede a desplegar el interior de otra sección de la manguera, de manera similar a la realizada en el primer sector.

De esta forma la manguera es inspeccionada de un extremo a otro. La manguera deberá ser rechazada si se encuentran daños (cortes profundos, grietas, "punzados", rajaduras, etc) que excedan el 1/3 del espesor natural de la misma.

Los cobertores de aisladores deberán ser inicialmente inspeccionados completamente por el lado exterior, para luego inspeccionar el interior y

detectar así posibles fallas. Los cobertores que son dejados caer o son arrojados al suelo, pueden presentar grietas que tan solo podrían ser detectadas si el cobertor es doblado. Puede suceder también que los cobertores hayan sido engarzados con objetos puntiagudos o que hayan tenido alguna incisión por objetos cortantes. Los cubreaisladores con averías que excedan el 1/3 de su espesor deberán ser rechazados.

### **2.3.5.3 Mantas de caucho**

No es posible inspeccionar adecuadamente las mantas de un solo vistazo sobre la superficie. Para lograr detectar grietas profundas, rajaduras, cortaduras y "cortes corona", las mantas deberán ser enrolladas doblando fuertemente una superficie sobre, la otra, empezando por dos extremos de la manta e ir deslizando este enrollamiento, con las dos manos hasta llegar a los otros dos extremos de la misma; para realizar esta operación es conveniente hacerlo sobre una superficie horizontal llana (alguna mesa o similar). Tan pronto se ha examinado un lado de la manta, se voltea para luego repetir la operación por el otro lado de ésta.

Las mantas que al efectuar su inspección se encuentren perforadas, rasgadas, cortadas, con "cortes corona" o con deterioro químico revelado por protuberancias, reblandecimientos o endurecimientos que vuelven al material pegajoso o inelástico, deberán ser retiradas inmediatamente de servicio.

### **2.3.6 Inspección de campo del equipo de protección flexible**

Inspecciones detalladas de todo el equipo de protección flexible deberán ser realizadas a intervalos regulares. Todo el personal de las cuadrillas deberá ser totalmente entrenado en los procedimientos a seguir en las inspecciones. Este tipo de entrenamiento, además de adiestrar a los linieros en las técnicas para detectar los elementos del equipo que estén defectuosos, sirve para inculcarle a cada uno de los operarios la importancia de tales inspecciones.

El mejor procedimiento para las inspecciones consiste en sacar todos los implementos, del camión-canasta y colocarlos sobre una lona impermeable limpia y seca.

Cada pieza deberá ser inspeccionada separadamente, como fue descrito con anterioridad. Todos los elementos que muestren cortes, grietas, "cortes corona", rasgaduras, quemaduras, cuarteaduras, raspaduras o que tengan apariencia muy envejecida, deberán ser rotulados o debidamente marcados, para prevenir cualquier uso posterior. El equipo que haya sido rechazado, deberá ser retornado al laboratorio de pruebas para una inspección más amplia y para las respectivas pruebas eléctricas, para determinar si se autoriza su rechazo definitivo.

Todo producto de caucho sufre envejecimiento y eventualmente alcanza su final de vida útil. Se deberá prestar especial atención al equipo que sea flácido, ya que esto, aún cuando supera las pruebas eléctricas, en cualquier momento, debido a su fragilidad, puede fallar al usarse. Todo el equipo que pase satisfactoriamente la inspección deberá ser limpiado completamente.

Una inspección diaria de los guantes de caucho deberá ser realizada bajo la supervisión del jefe de cuadrilla. Es conveniente probar los guantes con aire, tal como fue descrito en el numeral 2.3.5.1, antes de subir a la canasta.

Los guantes y mangas que sean encontrados al revés deberán voltearse, para dejarlos en su posición original. Los guantes de caucho nunca deberán ser usados al revés.

### **2.3.7 Pruebas eléctricas del equipo de protección flexible**

El equipo de protección flexible deberá ser probado eléctricamente en un área cubierta, donde la humedad relativa del ambiente sea bastante baja, a una temperatura fresca y a una tensión que no vaya a dañar el equipo, pero que permita un margen de seguridad y de acuerdo a las recomendaciones de las normas ANSÍ/ASTM. Las pruebas deberán ser realizadas a los valores establecidos en la tabla 12, excepto donde la tensión normal de uso es menor que la máxima de uso, así que una tensión reducida de prueba puede ser aplicada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V_{\max} = 0,95 V_p - 2000 \quad [V]$$

La corriente de descarga es una indicación de la validez de las condiciones de aislamiento del equipo flexible bajo prueba y es función de la constante dieléctrica del material, del espesor del mismo, del área total de contacto bajo prueba y de la tensión aplicada en la prueba.

La tensión de prueba debe ser aplicada continuamente durante tres minutos.

La prueba deberá iniciarse a un valor de tensión bajo e irse elevando lentamente a razón de 1 kV cada segundo, hasta alcanzar el nivel de tensión de prueba prescrito, o hasta que se alcance la falla del elemento en prueba. El tiempo de prueba se deberá comenzar a contar a partir del instante en que se haya alcanzado la tensión establecida para la clase específica del material bajo prueba.

Al finalizar la prueba, la tensión aplicada también deberá ser reducida gradualmente a su mínimo valor, o por lo menos a la mitad de él, a no ser que se produzca una descarga de ruptura antes de abrir el circuito de prueba.

El aparato de prueba durante el desarrollo de ésta, deberá ofrecer total protección al operario que la realiza. Deberá estar dotado de adecuados medios de desenergización y aterrizaje del circuito de alta tensión.

Los dispositivos de falla deben interrumpir rápidamente la corriente de descarga de ruptura y a la vez dar una clara indicación de la falla.

Después de realizar las pruebas, se deberá llevar un adecuado registro, o se deberá fijar una etiqueta o rótulo en cada pieza del equipo de protección de caucho, indicando la fecha de la prueba y la tensión aplicada en la misma y además, la indicación de la fecha a la cual deberá realizarse la siguiente prueba.

El equipo de protección de caucho que muestre apariencia, muy envejecida, o tenga rasgaduras, rasguños, cortes, grietas o que falle en la inspección visual o

la prueba eléctrica, deberá ser claramente marcado "DEFECTUOSO" y retirado inmediatamente de servicio.

A los diferentes elementos del equipo de protección flexible se les deberá realizar las pruebas eléctricas en la siguiente forma:

### **2.3.7.1 Equipo de protección personal**

Una vez que los guantes hayan sido completamente lavados y colocados al derecho, deberán ser mojados con agua y sumergidos en un tanque de prueba (que también se debe encontrar lleno de agua), de modo que el agua interior y exterior del guante estén a igual nivel y a una altura tal que la parte del guante que sobresale del agua esté dentro de los valores consignados en la tabla 6:

Clase	Prueba mm	Ruptura mm
0	38	38
1	38	64
2	64	76
3	89	102
4	127	165

**Tabla 6. Distancia del borde del guante a la superficie del agua.**

El agua interior del guante forma un electrodo de prueba, que debe ser conectado a un terminal de la fuente de tensión, ya sea por medio de una pequeña cadena o de una delgada laminilla deslizante, que quede dentro del guante axialmente, y sumergida en el agua. El agua exterior del guante en el tanque forma el otro electrodo, el cual deberá ser conectado directamente al otro terminal de la fuente de tensión.

Después de que las mangas hayan sido lavadas completamente y colocadas nuevamente al derecho, se podrá para la prueba eléctrica, sumergir una de ellas en el agua del tanque de prueba, doblándola por el centro, uniendo el extremo correspondiente al área de la muñeca con el extremo del área del hombro, procurando mantener el doblado en ese punto, lo más circular que sea posible, puede ser por ejemplo, por medio de un rollo ó tubo de material no conductor.

Otra manera también utilizada es la de sacar el extremo más angosto (lado de la muñeca) por dentro del extremo ancho (lado del hombro), de tal modo que se forme una especie de anillo. Realizada esta operación se procede a llenar el interior de la manga con agua, hasta que los niveles del agua exterior e interior de la manga sean iguales.

Al igual que en los guantes, el agua interior y exterior de la manga forman electrodos de prueba que han de conectarse a los terminales de la fuente de

tensión. Deberá tenerse especial cuidado en que no vayan a quedar pliegues agudos en la manga los cuales pueden originar una descarga por ruptura prematura en esos puntos.

Para la prueba con la manga en forma de anillo, la tensión de prueba no deberá exceder de 10 kV.

Para corriente alterna, de 60 Hz, las pruebas de los guantes deberán cumplir con los valores especificados en la tabla 12.

### **2.3.7.2 Cobertores de línea y de aisladores**

El área total de mangueras y cubreaisladores debe ser probada en la forma más precisa que se pueda, entre electrodos que apliquen el esfuerzo eléctrico lo más uniformemente posible sobre el área de prueba sin que se produzcan esfuerzos mecánicos en el material.

Los electrodos deben ser de determinadas dimensiones y de una configuración adecuada que evite la formación de arcos en los extremos. Para las mangueras de 1½" de diámetro interior, se puede utilizar un electrodo interior, tubular o macizo de 1¼" de diámetro exterior, y un electrodo exterior, que puede ser de forma tubular, de 2½" de diámetro interior, con extremos y esquinas redondeadas, que se ajuste completamente al contorno de la manguera, sin comprimirla, o sin causar distorsión del caucho.

Esta lámina tubular para el electrodo exterior deberá llegar hasta ½" de la abertura longitudinal de la manguera y en este punto deberá tener una especie de pestaña o saliente redondeada, en ambos extremos de la abertura y, longitudinalmente, para en esta forma conseguir un mayor ajustamiento a la manguera; Si la manguera es lisa en ambos extremos, el electrodo exterior deberá llegar hasta 6" de cada uno de ellos y en el caso de tener conector en un extremo, deberá llegar hasta ½" del comienzo del conector.

Para los demás cobertores (de aisladores de pin, aisladores de disco, conectores de mangueras, de terminales de cables subterráneos, etc.), debido a las diferencias de diseño, se requieren como mínimo tres grupos de electrodos (agua interior y exterior, esponja o espuma húmeda y elemento metálico fijo interior y/o exterior).

Para el caso de utilizarse el último grupo se deberá tener cuidado de que los electrodos sean de dimensiones tales que eviten los flameos en los extremos.

El área total de cada cobertor deberá ser probada, en la forma más amplia y práctica que sea posible, entre electrodos que apliquen el esfuerzo eléctrico uniformemente sobre toda la superficie, sin que en ningún punto se produzca corona o esfuerzo mecánico en el material.

Los cobertores para pruebas de corriente alterna deberán cumplir con los valores especificados en la tabla 7, siendo la tensión de prueba aplicada continuamente por tres minutos.

Clase	Diám. interno Pulgadas	Tensión de prueba. kV rms.	Max. Tensión nominal de uso. kV rms .	Mínima tensión de flameo. kV rms.
0	1/4	5	1	6
1	5/8	10	7,5	12
2	1	20	17	22
2	1¼	20	17	25
3	1½	30	26,5	30
3	2	30	26,5	32
3	2 ¼	30	26,5	35
4	2 ½	40	36	50

**Tabla 7. Tensión máxima de prueba para cobertores de línea y de aisladores.**

La tensión de prueba deberá ser aplicada inicialmente a un valor bajo y en forma gradual, aproximadamente a una rata constante de 1 KV por segundo, irse aumentando hasta alcanzar el nivel de tensión de prueba especificado. El periodo de prueba se inicia en el instante en que se llega a la tensión de prueba especificada. La tensión aplicada se deberá reducir por lo menos a la mitad de su valor, tan pronto se haya finalizado la prueba, antes de desenergizar el circuito.

### **2.3.7.3 Mantas de caucho**

Antes de las pruebas, las mantas deben ser dejadas extendidas por lo menos durante 24 horas.

Los electrodos que han de ser utilizados para las pruebas de las mantas deben aplicar uniformemente el esfuerzo eléctrico sobre el área de prueba para minimizar el efecto corona y estos no deben producir esfuerzos mecánicos sobre el material. Se utilizan láminas metálicas de aproximadamente 5 mm (3/16") de espesor, con extremos y esquinas redondeadas.

Las mantas deberán tener un margen de seguridad entre la máxima tensión nominal de uso y la tensión de prueba, tal como se muestra en la tabla 8.

Clase	Máxima tensión nominal de uso. kV rms.	Tensión de Prueba kV rms.
0	1	5
1	7,5	10
2	17	20
3	26,5	30
4	36	40

**Tabla 8. Tensión máxima de prueba para mantas de caucho.**

La tensión de prueba deberá ser aplicada inicialmente a un valor bajo y en forma gradual incrementarse a razón de 1 kV por segundo hasta alcanzar la tensión establecida, momento en el cual se inicia la prueba propiamente dicha, la cual deberá, realizarse continuamente por un espacio de tres minutos. Una vez finalizado este periodo, se procederá a disminuir la tensión por lo menos hasta la mitad del último valor alcanzado, antes de abrir el circuito de prueba.

### **2.3.8 Consideraciones y mantenimiento de pértigas para trabajos en línea viva**

Tomando en cuenta la importancia de las pértigas dentro de los procesos en trabajos sobre línea viva, se procederá a enunciar las consideraciones más importantes sobre el proceso de mantenimiento de este tipo de artefactos aislantes.

#### **2.3.8.1 Procedimiento para el lijado**

Una pértiga deberá tener un acabado lustroso de un extremo a otro. Esta herramienta también debe ser una sola unidad sólida, sin hoyos, aberturas, fisuras o golpes. Si estas anomalías se presentarán, deberá tomarse nota para que éstas sean reparadas durante el proceso de lijado.

Después de haber hecho la revisión inicial de la herramienta, se procede al lijado. Este proceso consiste de 3 pasos, básicamente los mismos pero usando diferentes asperezas de papel-lija (80, 120 y 220).

##### **Paso 1**

Use una esponja o un trapo limpio para aplicar agua a la pértiga. Esto limpiará cualquier sucio que haya en la herramienta. Tome un pedazo de lija 80 de aspereza, del tamaño de la mano y proceda a lijar la pértiga con una mano mientras la gira con la otra. Trate de no hacer este paso de forma agresiva ya que este tipo de lija puede dañar la pértiga (si la pértiga está en un muy mal estado se puede lijar más agresivamente). Proceda ahora a limpiar la pértiga y enjuague la lija regularmente. Lije la pértiga en secciones de 6" a 8" hasta que se cubra toda la pértiga.

##### **Paso 2**

Repita el paso 1 usando una lija 120 de aspereza; Continúe limpiando la pértiga y enjuagando la lija regularmente. Después de haber completado el paso 2, proceda a remover cualquier ralladura o marca que pudiera tener. Utilice un cuchillo y lime o alise cualquier marca que se vea.

Asegúrese que el filo del cuchillo esté perpendicular a la pértiga. Después de que todas las marcas negras hayan sido reparadas, proceda al paso 3.

##### **Paso 3**

Repita el paso 1 utilizando un papel-lija 220 de aspereza. Esta lija preparará la pértiga para una capa fresca de epóxico. Tenga presente que si alguna marca negra o los rasguños persisten, deberá intentarse usar un cuchillo de nuevo pero recuerde lijar esas áreas otra vez con una lija 220 de aspereza.

Notas:

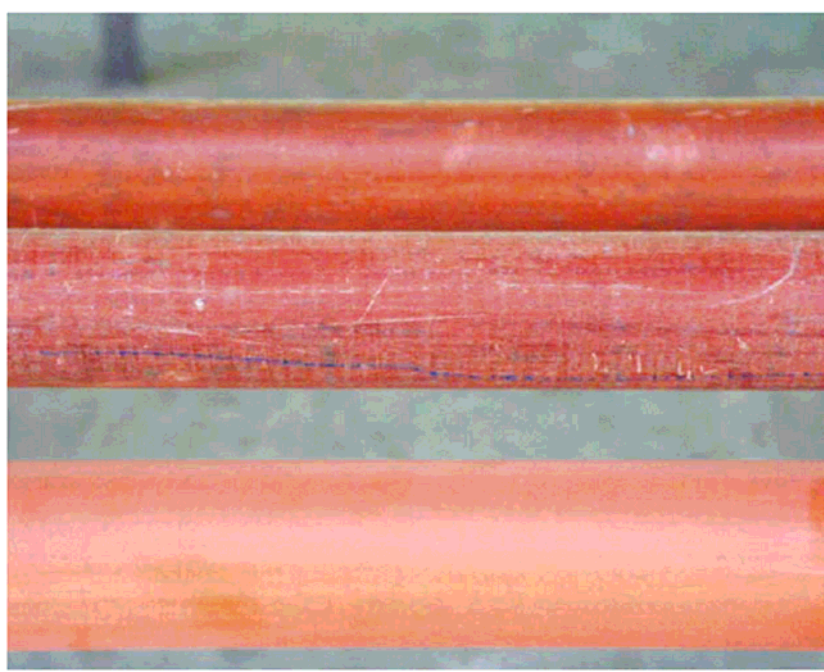
- Aplicar buena presión a la pértiga en todos los pasos.
- Después de que se haya terminado los tres pasos, la pértiga debe parecer un poco opaca (mate).
- Se deberá pasar un trapo húmedo sobre la pértiga para limpiar y asegurarse que ésta queda libre suciedad o arena del papel-lija.
- Si se necesita realizar cualquier reparación en la pértiga, es en este momento la oportunidad de hacerlo.

Para rellenar cualquier agujero, lo mejor es utilizar el kit Epoxiglas Bond. Este se puede encontrar en el catálogo de herramientas de AB Chance, número de catálogo H1917. Cuando el extremo de una pértiga necesita ser tapado, lo mejor es utilizar el kit Epoxiglas Bond para rellenar la última 1/2 pulgada del interior de la pértiga.

Si se considera necesario cubrir el extremo con un tapón de goma. Éstos se pueden encontrar en el catálogo de la AB Chance, número de catálogo P056394-p para una pértiga de 11/4 de pulgada y P056395 para la pértiga de 11/2 pulgada.

- La pértiga debe limpiarse de nuevo, y luego colocarla en alguna parte para que se seque. Esta área debe estar tan libre de polvo como sea posible.
- Déjela así por 24 horas.

La figura 20 muestra la diferencia entre 2 pértigas sin acabar y la apariencia que tiene una pértiga después de haberse hecho el lijado.



**Figura 20. Apariencia de pértigas sin acabar y después del proceso de lijado [9].**

### **2.3.8.2 Procedimiento de pintado (aplicación de epóxico)**

#### **Paso 1**

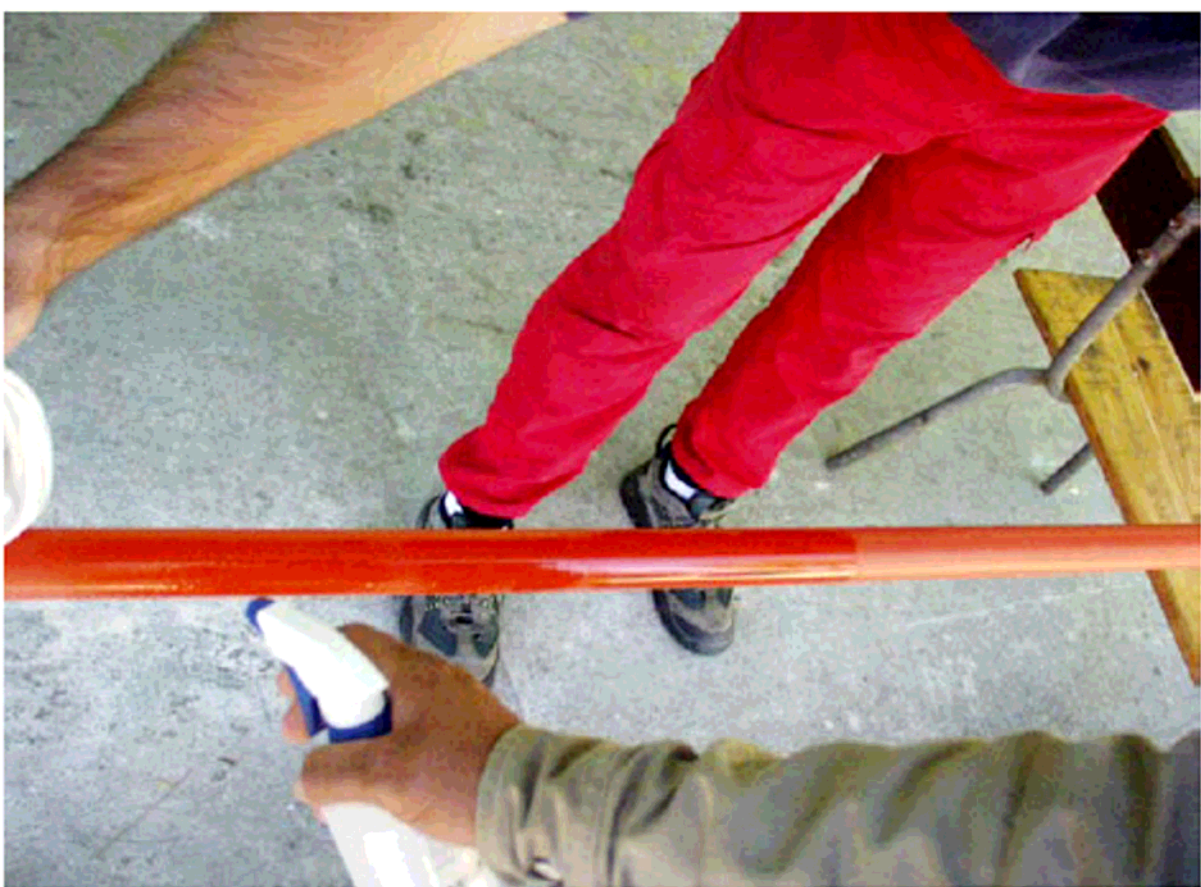
Después de que la pértiga se haya lijado, se haya enjuagado con agua y se haya limpiado con alcohol, deje la pértiga secar por 24 horas en un cuarto libre de polvo si es posible.

#### **Paso 2**

Al día siguiente, mezcle las 2 partes de epóxico (la mezcla 50-50) en una taza plástica. Revuelva por 5 minutos y después ponga a un lado por 30 minutos. Durante este tiempo usted puede preparar la pértiga para la pintura.

#### **Paso 3**

Limpie la pértiga con un trapo limpio y alcohol (Ver figura 21). Deje la pértiga por 5 minutos para luego comenzar a aplicar el epóxico (Ver figura 22). Utilice un tipo de soporte en ambos extremos de la pértiga. Aplique el epóxico con una brocha de esponja de 1" o 2". Cubra una superficie de 6" a 7" de longitud con los movimientos ininterrumpidos



**Figura 21. Preparación de la pértiga para la aplicación del epóxico [9].**



**Figura 22. Proceso de aplicación de epóxico [9].**

#### **Paso4**

Luego quite de la brocha cualquier epóxico remanente usando el borde de la taza plástica.

Cuidadosamente pase la brocha sobre áreas entre 6" y 7" otra vez. Esto quitará cualquier exceso de epóxico que haya quedado.

#### **Paso 5**

Cuando se acabe el procedimiento con la totalidad de la pértiga, colóquela en un área libre de polvo y suciedades por un periodo de 36 a 48 horas. La pértiga estará entonces lista para ser probada.

Notas:

- Para realizar el trabajo es necesario que la persona utilice guantes desechables.
- Mientras se esté aplicando la pintura, no se debe aplicar mucha presión a la brocha. Esto podría producir una superficie áspera.
- Es importante recordar que una vez que se aplique el epóxico, no se debe regresar y tratar de pintar sobre una sección que hizo falta. El epóxico comenzará a pegar en los siguientes minutos después de aplicado e intentar pintarlo de nuevo causará una estría. Cuando existe una estría, la humedad puede comenzar a acumularse lo que no es recomendable para la pértiga.
- Las áreas a pintarse se deben traslapar para obtener un acabado consecuente.

- Se debe secar la pértiga dentro de un cuarto libre de polvo y suciedad.

### **2.3.8.3 Consideraciones especiales sobre pértigas para trabajos en línea viva**

- Las pértigas deben tener su propio espacio individual en un estante o estar paradas verticalmente. Al usar un estante para el almacenamiento, se recomienda usar estantes de madera en lugar de acero. Se recomienda contar con un cuarto separado para el almacenamiento en el área de almacenes, con bastantes estantes para que cada pértiga tenga su propio espacio.
- Las pértigas que tienen rasguños, fisuras o grietas deben observarse muy cuidadosamente para determinar si deben ser desechadas o no. Pértigas en mal estado que no se desechen, se deben sacar de servicio hasta que se hayan reparado y hayan pasado las pruebas dieléctricas.
- Ningún tipo de cinta o de etiquetas de plástico se debe utilizar en la superficie de una pértiga. Para propósitos de identificación, se recomienda un número grabado en el extremo universal.
- Además de los individuos que se ocuparán de la restauración de las pértigas, cada miembro de cuadrilla se debe entrenar en cómo proporcionar al mantenimiento básico para sus pértigas. Esto extenderá la vida de una pértiga y limitará el número de veces que cada una de ellas tendrá que ser enviada para restauración. Cada pértiga se debe limpiar con un trapo limpio y encerar una vez por semana. Después de tres enceradas, la pértiga se debe limpiar con alcohol y un trapo limpio.

## CAPÍTULO 3

### ESTUDIO COMPARATIVO DE NORMAS DE SEGURIDAD SOBRE TRABAJOS EN LÍNEA VIVA

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

La realización de los trabajos de mantenimiento en redes de distribución y líneas de transmisión alimentadas o en caliente, se lleva a cabo con el fin de no afectar el servicio de suministro de energía eléctrica, además de obtener una reducción significativa en los costos de tales procedimientos.

Tomando en cuenta la diversidad de normativas nacionales e internacionales que existen al respecto de tales procesos y la importancia que tiene el establecer una serie de técnicas especiales que garanticen la culminación satisfactoria de las labores emprendidas, se hace necesario un estudio técnico comparativo que permita determinar las normas de seguridad generales y específicas para llevar a cabo cada una de ellas y que mejor se adapten a las condiciones de trabajo en todo el territorio nacional, que además sirvan de pauta para establecer una coordinación perfecta entre el conocer, el saber y el hacer en todo el personal que se vea involucrado en el conjunto de operaciones que se realizan dentro del proceso de optimización de los equipos y sistemas eléctricos, cuando estos se encuentran en funcionamiento.

#### 3.2 METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL ESTUDIO

El presente estudio técnico comparativo comprende seis normas que se enuncian a continuación:

- La *NFPA 70E*
- El *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A.*
- El *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.*
- El *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador.*
- El *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano.*
- La *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P.*

La selección de las normas antes mencionadas se hizo teniendo en cuenta la accesibilidad a las mismas y los aportes técnicos que realiza cada una de ellas sobre las consideraciones que se deben tener en cuenta cuando se trabaja con equipos y sistemas energizados.

Para la realización del proceso de análisis comparativo, el tema de seguridad en el manejo de energía eléctrica bajo la condición de presencia de tensión, se dividió en cinco temas que comprenden:

- Consideraciones sobre el personal designado para realizar labores en línea viva
- Consideraciones con respecto a los procedimientos de trabajo seguro
- Prácticas de trabajo seguro
- Acciones y condiciones significativamente inseguras, y
- Equipo de protección personal "PPE" y herramientas para trabajos en línea viva.

Debido a que el número de normas a comparar es bastante grande, es posible que todos los temas que se van a analizar no sean contemplados por la totalidad de ellas, sin embargo, en todos los aspectos a estudiar se indicará lo que se menciona en cada normativa que lo contempla, de tal forma que el proceso permita establecer de manera clara lo que se debe considerar al respecto de cada apartado, para llevar a cabo las labores sobre línea viva de una manera correcta y segura, al igual que permita esclarecer cuáles de las normas que comprende el presente estudio tienen en cuenta el aspecto tratado y con qué profundidad lo hacen.

Además, si durante el estudio de la normativa se encuentra información que complementa lo mencionado por el grupo en cuestión se consignará dicha información debido a que esta facilitará la estructuración adecuada de la guía que se elaborará en cumplimiento de uno de los objetivos del presente trabajo de proyecto de grado.

De igual manera si dentro del análisis comparativo se encuentra algún aspecto que no se menciona en ninguna otra norma, pero, que se considera vital para la conformación del compendio de normas de seguridad antes mencionado, se consignará y se indicará el nombre de la norma que lo contempla con el fin de resaltar la exclusividad e importancia de tal aporte dentro del tema seguridad eléctrica en trabajos de línea viva.

### **3.3 CONSIDERACIONES SOBRE EL PERSONAL DESIGNADO PARA REALIZAR LABORES EN LÍNEA VIVA**

Para la totalidad de las normas que comprende el presente estudio técnico comparativo es claro que *únicamente trabajadores calificados realizarán trabajos en sistemas eléctricos energizados* y además se establece en ellas, que, es peligroso para personal no calificado intentar realizar trabajos eléctricos y que tanto para ellos como para el personal calificado se debe implementar un programa de entrenamiento relacionado con prácticas de trabajo seguras de acuerdo a sus respectivas labores asignadas.

Dentro del contenido de cada normativa se encontró la caracterización que se le da a un trabajador para que sea considerado como "calificado" o "no calificado" y los requerimientos del entrenamiento que debe recibir cada uno de ellos antes de ejercer su labor dentro de un proceso que implique trabajos con sistemas energizados y con niveles de tensión mayores que 1 kV.

Sin embargo, el **Código de seguridad del sector eléctrico colombiano** es el que mejor contempla aspectos de gran importancia para la realización eficiente y segura de las labores emprendidas sobre sistemas energizados como son:

- Requisitos para la selección y preselección del personal
- Requisitos para el ingreso a laborar
- Requisitos para la promoción de personal

Por ello y debido a que la planeación es una parte fundamental para la implementación y el desarrollo de un programa de seguridad industrial y tomando en cuenta que el personal que va a designarse para trabajar en línea viva debe cumplir una serie de requisitos en aspectos cognoscitivos, físicos y psíquicos entre otros, se procederá inicialmente a enunciar lo que el **Código de seguridad del sector eléctrico colombiano** contempla al respecto, a manera de complemento sobre las consideraciones tenidas en cuenta por: la **NFPA 70E**, el **Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A**, el **Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A**. y la **Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P** sobre los requerimientos que debe cumplir un trabajador que vaya a ser designado para trabajar sobre sistemas energizados.

### **3.3.1 Requisitos Para la selección y preselección del personal**

Es importante que los candidatos preseleccionados tengan los requisitos mínimos de conocimiento y aptitudes para desempeñarse en labores de línea viva.

- **Conocimientos**

Se recomienda que la persona aspirante al cargo cumpla con lo siguiente:

- **Nivel académico:** mínimo séptimo grado de bachillerato o conocimientos equivalentes.
- **Experiencia:** en construcción y mantenimiento de redes de distribución y/o líneas de transmisión.

- **Condiciones personales**

- **Condiciones físicas:** Que la persona no tenga limitantes para el trabajo.
- **Condiciones psíquicas:** Que la persona no tenga impedimentos o alguna enfermedad mental y que posea un temperamento tranquilo.

- **Habilidades y destrezas:**

- Intelectuales
  - Capacidad de discriminación y perspectiva de objetos
  - Capacidad de comprender instrucciones verbales y escritas

- Capacidad de expresión verbal y escrita
- Motora
  - Equilibrio global del cuerpo
  - Coordinación multimiembro
  - Habilidades para ascenso y descenso de postes y torres
  - Habilidades manuales

### **3.3.2 Requisitos para el ingreso**

A parte de los requisitos enunciados anteriormente se recomienda tener en cuenta lo siguiente para la selección y asignación del personal para trabajos en línea viva.

#### **Condiciones Físicas**

- **Estatura mínima:** 1,60 metros
- **Peso:** De acuerdo con la estatura y según tablas médicas.  
Se recomienda evitar las personas obesas.
- **Exámenes médicos:**
  - Examen clínico general
  - Examen de los órganos de los sentidos
  - Examen del sistema nervioso
  - Examen sobre vértigo
  - Exámenes de laboratorio

#### **Condiciones psíquicas**

- Habilidades de interrelación con sus compañeros y demás personal
- Predisposición para el trabajo
- Facultades anímicas y mentales para desarrollar las funciones asignadas

### **3.3.3 Requisitos para la promoción de personal**

Además de cumplir con los requisitos contemplados anteriormente y después de llevar a cabo los entrenamientos pertinentes de una manera eficaz se debe verificar que:

**Conocimientos:** Que la persona demuestre el aprovechamiento de la capacitación que la empresa le ha suministrado.

**Condiciones físicas:** Que la persona no tenga impedimentos físicos para cumplir a cabalidad con su trabajo.

**Condiciones psíquicas:** Que la persona tenga estabilidad emocional, que demuestre serenidad bajo cualquier condición en el trabajo y que posea condiciones de don de mando y de relaciones humanas.

**Habilidades y destrezas:** La persona debe poseer habilidades para aplicar las normas y métodos seguros en el desarrollo de su trabajo y además debe demostrar iniciativa en su trabajo anterior.

**Seguimiento teórico-práctico:** El jefe de mantenimiento de líneas o redes energizadas debe realizar un seguimiento de los candidatos, dándoles trabajo como capataz o inspector, según el cargo vacante, haciendo una evaluación de los resultados obtenidos durante el reemplazo.

En caso de que los candidatos no sean aptos para desempeñar el cargo vacante, se procederá a conseguir o reclutar candidatos fuera de la empresa.

### **3.3.4 Certificación de los trabajadores**

Los trabajadores que realicen trabajos de mantenimiento en líneas y redes energizadas deben poseer una credencial o autorización emitida por la gerencia de la empresa, en la que conste que han realizado y aprobado el curso de mantenimiento de líneas y redes energizadas o en caliente.

### **3.3.5 Entrenamiento y calificación de trabajadores expertos**

Como se mencionó inicialmente tanto para la *NFPA 70E*, el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*, el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A*, el *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*, sólo se le debe permitir la realización de trabajos sobre sistemas energizados a trabajadores calificados y correctamente entrenados.

Para ello la dirección de la empresa deberá establecer un entrenamiento formal para los empleados antes de que se les permita trabajar con instalaciones eléctricas energizadas.

#### **3.3.5.1 Tipo de entrenamiento**

Es claro que para el total de la normativa estudiada, el entrenamiento deberá realizarse durante el trabajo y/o en un salón de clases y el grado de entrenamiento proveído deberá ser determinado por los riesgos a los que se vayan a exponer los empleados.

Mientras que el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A*. añade que el entrenamiento debe poseer un carácter dinámico y atractivo con el fin de mantener el interés de los trabajadores e indica, que es por ello que el uso de carteles de seguridad, maquetas, fotos, y otras ayudas es esencial para el éxito de estos procesos.

#### **3.3.5.2 Aspectos que debe contemplar el entrenamiento**

Existen diferentes aspectos contemplados por las normas estudiadas y que según ellas son indispensables dentro de un programa de entrenamiento para las personas que van a trabajar sobre líneas o equipo energizado, entre ellos tenemos:

- Tanto la *NFPA 70E* como el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* establecen que es importante

desarrollar técnicas y destrezas necesarias para distinguir partes energizadas expuestas y demás partes de un sistema o equipo eléctrico, al igual que se debe garantizar la instrucción necesaria para que los trabajadores estén en capacidad de determinar la tensión nominal de las partes vivas expuestas identificadas dentro del sitio de trabajo.

- Para el **Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A** y para el **Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.** es indispensable el entrenamiento en procedimientos que deben aplicar los trabajadores para desarrollar sus trabajos segura y apropiadamente, aspecto que denomina la **NFPA 70E** como prácticas de trabajo relacionadas con seguridad.
- Además la **NFPA 70E** hace alusión al afianzamiento de los procesos de toma de decisiones necesario para determinar el grado y medida del peligro y el equipo de protección personal necesario para realizar la tarea con seguridad, siendo este último aspecto de coincidencia con el **Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.**
- La **NFPA 70E**, el **Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A** y el **Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador** consideran de gran importancia la instrucción del personal sobre los límites de aproximación a partes vivas con el fin de obtener protección ante una posible descarga, pero solo la primera de estas tres normas (la **NFPA 70E**) establece de una manera detallada lo referente a ello y por eso se muestra la información contenida en ella por medio de la tabla 9.

Rango de tensión nominal del sistema, línea a línea	Distancia límite de aproximación		Límite restringido de aproximación [m]	Límite prohibido de aproximación [m]
	Conductor expuesto en movimiento [m]	Parte de circuito fija y expuesta [m]		
0 V a 50 V	-	-	-	-
51 V a 300 V	3,048	1,0668	-	Evite el contacto
301 V a 750 V	3,048	1,0668	0,3048	0,0254
751 V a 15 kV	3,048	1,524	0,6604	0,1778
15,1 kV a 36 kV	3,048	1,8288	0,7874	0,254
36,1 kV a 46 kV	3,048	2,4384	0,8382	0,4318
46,1 kV a 72,5 kV	3,048	2,4384	0,9906	0,635
72,6 kV a 121 kV	3,2512	2,4384	0,9652	0,8128
138 kV a 145 kV	3,3528	3,048	1,0922	0,9398
161 kV a 169 kV	3,556	3,556	1,2192	1,0668
230 kV a 242 kV	3,9624	3,9624	1,6002	1,4478
345 kV a 362 kV	4,6736	4,6736	2,5908	2,4384
500 kV a 550 kV	5,7912	5,7912	3,429	3,2766
765 kV a 800 kV	7,239	7,239	4,5466	4,3942

**Tabla 9. Límites de aproximación a partes expuestas energizadas.**

- Además de los aspectos mencionados anteriormente el ***Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.*** contempla el entrenamiento que se debe dar al personal en cuanto a:
  - El uso del análisis estándar de peligros en procedimientos de operación y trabajos (SOP/JHA).
  - Operaciones de rescate y primeros auxilios, incluyendo la resucitación cardiopulmonar (CPR).
  - Prácticas inseguras.
- Las regulaciones y procedimientos adecuados para operar herramientas, equipos y aparatos de protección son consideradas por el total de la normativa estudiada como un aspecto vital en la preparación de un programa de seguridad industrial, de ahí que sea un punto clave para cada una de ellas en la estructuración y desarrollo de un proceso de entrenamiento para el personal que va a trabajar con sistemas energizados.
- Un aspecto de gran relevancia dentro de un programa de entrenamiento para trabajadores de línea viva es la discusión profunda de los accidentes que se han producido, si los hay, en el transcurso del tiempo de desempeño de la empresa dentro del área de trabajos con sistemas energizados, no obstante, solo es considerado por el ***Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.***

A manera de complemento el ***Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.*** presenta el "Análisis estándar de peligros en procedimientos de operación y trabajos (SOP/JHA)" mencionado anteriormente y que se presenta a continuación, y, además aconseja que se deben crear procedimientos de trabajo que cubran los puntos dados en él.

<b>Procedimientos SOP/JHA</b>	
<b>I. Generales</b>	
<b>A.</b>	Descripción del trabajo a realizarse
<b>B.</b>	Peligros específicos y como minimizarlos o eliminarlos mediante el uso de equipo de seguridad específico
<b>C.</b>	Instrucciones que cubran prácticas especiales en el área de trabajo, equipos o herramientas inusuales, y cualquier requerimiento particular de primeros auxilios para trabajo con materiales peligrosos
<b>D.</b>	Secuencia de los pasos principales de los procesos a realizar, o un listado de trabajo detallado paso a paso
<b>II. Específicos</b>	
<b>A.</b>	Locación del trabajo
<b>B.</b>	Tensiones nominales en la línea
<b>C.</b>	Tensiones máximas transitorias por cierre o apertura de interruptores
<b>D.</b>	Posibles peligros de tensiones inducidas
<b>E.</b>	Condición de los elementos de protección y los conductores básicos del equipo
<b>F.</b>	Condición del entorno relativo a la seguridad (postes, tráfico, necesidad de equipo protector adicional como protección contra caídas o aparatos de flotación)
<b>G.</b>	Locaciones de otras líneas incluyendo las de comunicación y demás circuitos no involucrados en el trabajo.

**Tabla 10. Procedimientos SOP/JHA.**

### 3.3.5.3 trabajador calificado

El total de normas de seguridad que reúne el presente estudio técnico comparativo considera que un trabajador calificado es aquel que ha sido correctamente entrenado de acuerdo a los lineamientos expuestos anteriormente y que es experto en la construcción, mantenimiento y operación de sistemas y/o equipos eléctricos a través de métodos específicos de trabajo, y que además ha sido adiestrado para conocer y evitar los peligros que pueden surgir con el manejo de la electricidad durante el desarrollo de sus labores.

A parte de los requisitos de entrenamiento mencionados anteriormente el **Código de seguridad del sector eléctrico colombiano** enumera una serie de aspectos que se deben considerar para determinar si un empleado es o no un trabajador calificado según el cargo que va a desempeñar y de acuerdo a los requerimientos que debe cumplir en cuanto a la capacitación con que cuenta.

REQUERIMIENTOS DE CAPACITACIÓN	LINIERO	CAPATAZ O SUPERVISOR	INSPECTOR
Relaciones humanas	X	X	X
Electricidad	X	X	X
Matemáticas básicas	X	X	X
Técnicas de administración		X	X
Física básica (Fuerzas y vectores)		X	X
Topografía básica		X	X
Normas de seguridad para trabajos en sistemas energizados	X	X	X
Normas de seguridad general en primeros auxilios, transporte de lesionados y control de incendios.	X	X	X

**Tabla 11. Requerimientos de capacitación de los trabajadores de línea viva.**

### 3.3.5.4 Frecuencia de los entrenamientos

En lo referente a la frecuencia de los entrenamientos y capacitaciones sobre seguridad brindadas por las empresas a los empleados que van a laborar sobre sistemas energizados la **NFPA 70E** indica que este tipo de procesos debe hacerse con regularidad aunque no especifica los lapsos de tiempo máximos entre cada uno de estos.

Mientras que el **Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A** establece que no se recomiendan intervalos que superen los tres años para el entrenamiento de los trabajadores con el fin de proveer una actualización sobre las nuevas regulaciones y criterios sobre seguridad eléctrica el **Código de seguridad del sector eléctrico colombiano**, siendo mas estricto, se pronuncia al respecto mencionando que todo el personal de mantenimiento de líneas y/o redes energizadas debe pasar cada año por un curso de actualización, en la siguiente forma:

- Participar y aprobar satisfactoriamente el curso teórico práctico de entrenamiento en mantenimiento de líneas y/o redes energizadas empleando las técnicas apropiadas para ello. Este curso debe ser dictado anualmente por personal idóneo en este trabajo.
- Aprobar la evaluación anual escrita sobre normas y procedimientos de seguridad operativos y técnicos utilizados en el trabajo de mantenimiento de líneas y/o redes energizadas o en caliente.
- Someter anualmente al liniero a un chequeo médico completo con el fin de comprobar las condiciones físicas, anímicas y mentales necesarias para la realización del trabajo en líneas y redes energizadas o en caliente.

Se establece además en este código que con estos requisitos la empresa estará segura de contar con personal calificado para la realización de este tipo de trabajos.

No obstante la norma más exigente con respecto a la frecuencia de los entrenamientos es el ***Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador*** que estipula que cada trabajador deberá asistir a un mínimo de cuatro (4) reuniones de entrenamiento sobre aspectos de Seguridad Industrial cada año y además establece que estas reuniones consistirán de un mínimo de tres (3) horas dedicadas exclusivamente al tema de Seguridad Industrial que además se utilizarán para dilucidar las inquietudes y preocupaciones al respecto.

### **3.4 CONSIDERACIONES CON RESPECTO A LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGURO**

Para el total de la normativa estudiada es claro que se debe seguir un procedimiento que garantice la realización segura de las tareas emprendidas sobre cualquier sistema o equipo energizado, es por esto que se contemplarán los aspectos pertinentes de acuerdo a la secuencia de operaciones que se aconseja realizar dentro del desarrollo de trabajos en línea viva, aunque estas operaciones no se deben limitar a ello.

#### **3.4.1 Revisión del lugar de trabajo**

Aunque la información encontrada en la normativa al respecto de la revisión del lugar de trabajo como parte inicial de la planeación de un trabajo seguro es realmente escasa, la ***norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** se pronuncia al respecto indicando las consideraciones que debe tener en cuenta el jefe de cuadrilla antes de iniciar cualquier tipo de trabajo con sistemas eléctricos energizados, así:

*Es responsabilidad del jefe trabajo tomar las consideraciones necesarias con respecto a:*

- Ubicación ideal del vehículo para la ejecución del trabajo.
- Chequeo del volumen de tráfico automotor en la vía.
- Verificación de las condiciones del suelo que permitan una posición estable y segura tanto de las ruedas del camión como de las zapatas.

- Posibilidad de obstrucción de la vía, tanto por el vehículo en sí como por el brazo de la canasta.
- Inspección de las posibles obstrucciones para la ubicación de la canasta, debidas a las construcciones adyacentes a la estructura de trabajo.
- Verificación de que el vehículo haya sido debidamente aterrizado.

Mientras que el ***Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*** indica que la responsabilidad de revisar el lugar de trabajo es de todos los empleados a fin de identificar los peligros existentes y proceder de manera segura ante ellos.

#### **3.4.1.1 Inspección de la red**

Según la ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P***, el ***Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*** y el ***Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador*** antes de iniciarse cualquier trabajo deberá examinarse cuidadosamente las condiciones existentes, tanto de conductores como de estructuras, de tal modo que se garantice un desarrollo seguro del trabajo.

#### **3.4.2 Señalización del área de trabajo**

Un inapropiado montaje en el área de trabajo, con pobre señalización, pobre control de tráfico y seguridad puede resultar en un accidente, es por ello que tanto el ***Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A*** como el ***Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador*** y la ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** establecen que el público deberá mantenerse alejado de los lugares donde la actividad de un trabajo represente algún peligro.

Por ello indican las normas mencionadas anteriormente que para la protección del área de trabajo se debe tener en cuenta que una instalación segura requiere del uso de avisos de señalización que deberán ser ubicados adecuadamente, de tal modo que el mensaje que se quiera dar al público sobre el peligro e identificación de la zona y tipo de trabajo, sea adecuado y preciso, esto sumado al uso de barricadas que impidan el acceso de personal no calificado a las áreas que están siendo intervenidas por el personal que se encuentra laborando sobre sistemas energizados.

Para la ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** el jefe del grupo de trabajo es el responsable de orientar a los operarios sobre la ubicación correcta tanto de los conos o avisos de seguridad, como de las cuerdas de demarcación de zona de trabajo, según las normas establecidas por las autoridades de tránsito para este tipo de procedimientos.

La ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** es la única, entre las tres normas que contemplan el aspecto de señalización del área de trabajo dentro del conjunto de normativa que comprende el presente estudio técnico comparativo, que establece que el

*público deberá ser prevenido anticipadamente, para así poder ser guiado con seguridad, rodeando la línea de trabajo e indica además que es por ello que cuando sea necesario prevenir al tráfico vehicular, los avisos o conos deberán ser colocados a distancia prudencial, a cada lado del área de trabajo, de modo tal que permita a los conductores de los vehículos disminuir su velocidad con suficiente tiempo.*

Además de lo mencionado anteriormente el **Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador** establece que en las áreas de trabajo adyacentes a la vía pública deberá utilizarse un observador de seguridad industrial para proteger a las personas del público y agrega además que si los elementos de trabajo que se están empleando para llevar a cabo las labores (incluyendo los vehículos) bloquean cualquier porción de la calle o la carretera, sumado a las consideraciones ya estipuladas en el presente informe sobre las señales de control de tráfico deberá hacerse uso de una persona abanderada para que dirija el tráfico de manera segura alrededor del sitio de trabajo.

### **3.4.3 Alistamiento de equipo y materiales**

Para la totalidad de normas estudiadas es claro que al ubicar las herramientas y el equipo de protección aislado en el sitio de trabajo, el encargado se cerciorará de que se utilice una lona impermeable en el suelo, para que se coloquen los implementos en ella y así evitar que queden en contacto con el piso y se les pueda adherir tierra o materias inadecuadas que alteren las propiedades de aislamiento de cada uno de ellos, factor clave en la operación de estos dispositivos para la realización segura de las labores.

Además se aclara que los materiales, herramientas y equipo de protección personal deben ser alistados con suficiente tiempo y acorde a un proceso de planeación adecuado para garantizar la presencia de todos los elementos que se requieran en el lugar de trabajo para la resolución segura de los procesos a desarrollar.

### **3.4.4 Verificación del equipo de protección**

La verificación del equipo de protección antes de su uso, es un aspecto de gran importancia para la totalidad de normativa estudiada (La **NFPA 70E**, el **Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A**, el **Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A**, el **Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador**, el **Código de seguridad del sector eléctrico colombiano** y la **Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P.**) dentro de una planeación correcta y adecuada para garantizar la seguridad de los empleados involucrados en trabajos con línea viva.

Dentro de los aspectos destacados por el conjunto de normas estudiadas con respecto a las verificaciones del equipo de protección se tienen:

- Que el equipo a ser usado sea de la clase adecuada a la tensión de la red sobre la que se va a efectuar el trabajo (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE"*).

- Que los operarios que deben subir a la canasta tengan puesto su equipo de protección (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE"*).
- Que los operarios antes de subir a la canasta se quiten todos los objetos metálicos que tengan puestos (*Ver consideraciones sobre el porte de objetos metálicos mientras se trabaja con sistemas energizados*).
- Que antes de que suban los linieros a la canasta se verifique el correcto funcionamiento tanto de los controles en la canasta como los inferiores de operación. Además los movimientos de los brazos de la canasta también deben ser chequeados completamente.
- Que los operarios realicen concienzudamente las pruebas tanto visuales como de campo de todo el equipo de protección aislado que se va a emplear (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE"*).
- Que se efectúe una detenida inspección de los guantes de cuero protectores de los guantes dieléctricos, para constatar posibles cortes, huecos, costuras rotas, astillas de madera, pequeños trozos de alambre o virutas metidas dentro del cuero que podrían perforar el guante de caucho (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE"*).
- Que los operarios se encuentren en perfectas condiciones técnicas, físicas y síquicas para el desempeño de la labor encomendada (*Ver requisitos para la selección y preselección del personal destinado a trabajar sobre sistemas energizados*).

### **3.4.5 Comunicación con centro de despacho**

La comunicación del jefe de trabajo con el centro de despacho toma gran importancia ante la existencia de eventualidades dentro de los procesos normales de resolución de las labores, por las cuales se deben modificar de manera significativa los procedimientos de trabajo con el fin de garantizar la seguridad e integridad del personal que trabaja en línea viva. Entre estas eventualidades se pueden mencionar las ocasionadas por fallas presentadas en redes o líneas energizadas bajo consignación o las originadas por la ocurrencia de un accidente en el lugar de trabajo, entre otras.

Por ello normas como el *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* hacen énfasis en que el jefe de trabajo o de cuadrilla debe permanecer en constante comunicación con el centro de despacho para informar sobre cualquier anomalía o problema que se presente durante la realización de los trabajos y para solicitar información constante sobre los procedimientos que se deben adoptar con el equipo y con el personal ante este tipo de condiciones extraordinarias.

Además de lo mencionado anteriormente la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* complementa lo referente a la comunicación que debe existir con el centro de despacho por parte del jefe de trabajo expresando que este último antes de iniciar el trabajo deberá efectuar lo siguiente:

- Chequear el buen funcionamiento del equipo de comunicación.
- Entrar en contacto por radio con el centro de despacho para identificar correctamente el circuito en el que se va a trabajar.
- Solicitar al centro de despacho la carga del circuito.
- Recomendar que en el caso de que se presente una salida del circuito, éste no se ponga nuevamente en servicio hasta tanto no haya una comunicación en tal sentido por parte del cuadrillero.

### **3.4.6 Reunión previa a la iniciación de los trabajos**

Una vez cumplidos los anteriores puntos preliminares a la iniciación del servicio, el jefe de trabajo debe reunir a los operarios para darles las recomendaciones finales previas a la iniciación del trabajo, con el fin de planificar el total de las labores y de asignar las responsabilidades a cada miembro del equipo.

Mientras que para el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* la sesión deberá cubrir por lo menos los siguientes aspectos:

- Peligros asociados con el trabajo
- Instrucciones pertinentes del trabajo
- Precauciones especiales
- Controles de fuentes de energía, y
- Requerimientos del equipo de protección personal.

La *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* es más explícita al respecto indicando que en las reuniones previas a la iniciación de los trabajos se debe realizar:

- Una explicación de la secuencia de operación más adecuada para que la labor se desarrolle en forma eficiente y segura, examinando cuidadosamente las sugerencias presentadas por los operarios, de modo que no queden dudas para la correcta ejecución del servicio y se familiaricen todos con los procedimientos a ser seguidos.
- Un recordatorio de las normas de seguridad específicas para el tipo de trabajo a ser ejecutado.
- La recomendación de que todo trabajador debe permanecer con la totalidad del equipo de protección, mientras esté realizando trabajos en línea viva.
- La orientación sobre la secuencia correcta de cubrimiento de los conductores y de la estructura donde se ejecutará el trabajo.

Por último aconseja al jefe de trabajo, antes de autorizar la iniciación del trabajo, realizar una última verificación al lugar y a las estructuras, para asegurarse que el programa se pueda realizar en forma segura en las actuales condiciones de la red.

En cuanto a la frecuencia de las reuniones previas a la iniciación de los trabajos la **NFPA 70E** y el **Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A** indican que si los trabajos u operaciones a desarrollar durante el día de trabajo son repetitivos o similares, al menos una sesión de información debe ser dirigida antes del inicio del primer trabajo de cada día o turno de trabajo, y además, están de acuerdo con el **Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador** cuando menciona que adicional a las sesiones de información deberá especificarse si hay cambios significativos que puedan afectar la seguridad de los empleados y que puedan presentarse durante el curso del trabajo y señala que para ello que las labores deberán detenerse y se deberá sostener otra reunión que permita establecer la nueva planificación que aplicará desde ese preciso momento y hasta finalización todos los procesos contemplados dentro de la secuencia de trabajo.

El **Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A** agrega finalmente que una sesión de información breve puede ser suficiente y satisfactoria si el trabajo a desarrollar es rutinario o si el trabajador, en virtud de su entrenamiento y experiencia, puede discernir razonablemente y reconocer los riesgos involucrados en el trabajo, análogamente indica que si el trabajo es complicado o extremadamente peligroso, o si el empleado no puede discernir ni reconocer los riesgos involucrados en el trabajo se requerirá de una sesión de información mas detallada y por lo tanto mas extensa.

Por otra parte la información suministrada por el **Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.** con respecto a este punto es realmente escasa y en esta normativa sólo se menciona que como uno de los requisitos en el sitio de trabajo, se deben realizar reuniones de seguridad con regularidad, pero como se puede apreciar, no se da con precisión una orientación sobre la frecuencia de ellas y mucho menos se especifican los aspectos a tener en cuenta para su correcto desarrollo.

### **3.5 PRÁCTICAS DE TRABAJO SEGURO**

Las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad se usarán para proteger a los empleados de lesiones mientras están trabajando, sobre o expuestos a conductores eléctricos o a partes de circuitos energizadas.

A continuación se presentarán los diferentes aspectos referentes a las prácticas de trabajo seguro contemplados por la normativa que abarca el presente estudio técnico comparativo.

#### **3.5.1. Precauciones al trabajar con equipo y líneas energizadas**

Para todo el conjunto de normas estudiadas los empleados que trabajen sobre equipo o líneas energizadas deberán cumplir aspectos cruciales para garantizar su seguridad y la del grupo de trabajo, entre los cuales se pueden mencionar:

- Equipo o líneas que transporten tensiones de corriente alterna con magnitudes que excedan los 600 V fase a fase deberán ser tratados con guantes aislados o herramientas de línea viva y todos los demás dispositivos de protección necesarios tales como mangas de línea, cubiertas, mangas y mantas aislantes que ofrezcan protección a los trabajadores ante contactos

involuntarios y posibles descargas eléctricas deberán ser usados (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE" y herramientas en línea viva*).

- Las líneas energizadas deberán ser operadas desde abajo siempre que sea posible.
- Cuando se trabaje con equipos o líneas energizadas que transporten más de 600 V con respecto a tierra, habrá 2 trabajadores calificados para realizar el trabajo (*Ver números de trabajadores calificados por exposición a peligros*).
- Los trabajos no deberán ser realizados sobre equipos o líneas energizadas en presencia de lluvia, nieve, niebla u otra condición de humedad, excepto en emergencias extremas, si por supervisión se determina que pueden ser realizados de manera segura (*Ver condiciones ambientales*).
- Mientras se trabaje en la misma estructura, los empleados no deben trabajar simultáneamente con cables que posean diferente tensión (*Ver trabajos en una sola fase*).
- Se deberán usar guantes aislantes para el nivel de tensión apropiado y deberán estar al alcance de cada empleado que trabaje con equipos o conductores que transporten niveles de tensión iguales o superiores a los 600 V (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE" y herramientas en línea viva*).

### **3.5.2 Tendido y desplazamiento de conductores en contigüidad a líneas energizadas**

En cuanto al tendido y desplazamiento de conductores en contigüidad a líneas energizadas el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*, el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A*, el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador* y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* se expresan al respecto de la siguiente manera:

*Los empleados que cableen junto a líneas energizadas deberán seguir y realizar las siguientes prácticas de seguridad dentro del trabajo.*

- Para el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* es importante que cuando se realicen trabajos desde estructuras sobre conductores o subconductores, o por encima de conductores aterrizados, los conductores que están siendo tendidos deberán protegerse por tierras individuales instaladas en cada lugar de trabajo, el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador* siendo más específico indica que las tierras deberán ubicarse por lo menos cada 1000 metros, mientras los trabajadores estén en contacto con porciones de la línea que está siendo tendida.
- El *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* menciona que cuando los trabajadores estén cableando junto a líneas energizadas deben seguir métodos de cableado especiales a través de los cuales se prevenga un contacto no intencional entre las líneas que están

siendo manipuladas y las líneas contiguas energizadas, sin embargo, en esta norma no se hace énfasis en un procedimiento explícito que sea adecuado para llevar a cabo este tipo de labores, por otro lado el **Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.** propone que para realizar estos procesos se debe seguir la secuencia de acciones que se menciona a continuación.

- Ya que las cuerdas de mano no son suficientemente fuertes, para extender las líneas debe hacerse uso de una cuerda de polipropileno seco con un diámetro no menor a 19 milímetros (3/4 de pulgada).
  - La cuerda de polipropileno debe ponerse en una posición adecuada para tirar el cable antes de intentar extenderlo y esta debe tener la longitud suficiente para alcanzar la distancia a la cual el cable va a ser halado.
  - Después de esto, se procederá a sujetar el cable al final de la cuerda de polipropileno y halarla hasta ponerla en posición de tensión.
  - Debe usarse un carro o un camión para halar el cable y hay que tener en cuenta que el conductor, en todo momento de la maniobra, debe tener en su campo visual al operador del carrete, con el fin de coordinar la dirección y velocidad de los movimientos del vehículo.
  - El cable debe halarse de forma lenta y constante para prevenir que los cables se balanceen hacia los conductores energizados.
  - El trabajador que se encuentra a cargo del control del vehículo debe permanecer atento para evitar que el cable se atore en las ramas de un árbol, maleza u otros obstáculos que puedan existir en el sitio de trabajo.
  - A ningún trabajador se le debe permitir tocar un cable o conductor en el suelo sin guantes aislantes.
  - Todos los equipos para tensionar deben estar efectivamente aterrizados.
- Por otro lado en lo que respecta al desplazamiento de conductores la **Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P** indica que cuando en un determinado trabajo a contacto haya necesidad de soltar una fase, los operarios deberán tener un cuidadoso control de la línea suelta en todo momento, asegurando ésta transitoriamente entre los intervalos de tiempo en que se requiera efectuar el traslado del conductor de un lugar a otro, mediante ya sea una correa, o una pequeña cuerda de polipropileno o cualquier otro medio adecuado de ligazón que evite una repentina caída del conductor sobre la estructura, o contacto, del mismo con otros conductores, equipos o derivaciones del sistema energizado.

El **Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador** agrega que los medios de ligazón para los conductores liberados de estructuras con circuitos energizados o adyacentes, deberán estar secos y limpios para que el trabajador los pueda manipular segura y adecuadamente y además menciona que los trabajadores no deberán permanecer de pie debajo de conductores soportados por herramientas de línea viva.

- Por último el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.* menciona que no se deben remover conductores energizados a mas de 15 kV.

### **3.5.3 Número de trabajadores calificados por exposición a peligros**

Por la potencial exposición a partes energizadas dentro de las labores de trabajos eléctricos, independiente de las tensiones manejadas, que representa riesgos de descarga o arco eléctrico a través de los empleados, se hace necesario evaluar el número de trabajadores que se verán envueltos en las labores emprendidas.

Tanto el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.* como el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* recomiendan mas de un trabajador cuando se considere que la exposición al peligro se reduce con la presencia de trabajadores adicionales.

Para las dos normas mencionadas anteriormente se requerirá de 2 empleados calificados para realizar el trabajo cuando éste se realice sobre:

- Equipos o líneas energizadas que transporten más de 600 V con respecto a tierra.
- Líneas desenergizadas en contacto con partes posiblemente energizadas.
- Equipo en contacto con líneas posiblemente energizadas.

### **3.5.4 Procedimientos para el cubrimiento de zonas energizadas**

Para la *NFPA 70E*, el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A.*, el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.* y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* es claro que en el mantenimiento de redes energizadas a contacto, para proceder con el cubrimiento de la zona energizada de trabajo, para esto, el operario deberá empezar siempre a aislar primero el conductor de la fase más cercana a él y, preferiblemente además, la inferior, dependiendo del tipo de configuración que se tenga, para luego proceder a cubrir el siguiente conductor más cercano y, así sucesivamente, continuar cubriendo el resto de la zona energizada aislándose siempre el operario a medida que progresa en el desarrollo de su labor.

Además, el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.* y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* agregan que una vez que los trabajos hallan terminado, los protectores deberán ser removidos en el orden inverso a su instalación, es decir que los conductores más lejanos serán "liberados" en primer lugar y los más cercanos al final y también indican que después de desatados, los equipos de aislamiento deberán bajarse inmediatamente a tierra.

### **3.5.5 Porte de artículos metálicos**

Con el fin de disminuir los riesgos asociados a contactos involuntarios con partes energizadas o para evitar que un trabajador pueda engancharse mientras esté ascendiendo o descendiendo estructuras, equipo o vehículos, la *NFPA 70E*, el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*, y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* establecen que los trabajadores no deberán usar artículos como pulseras de reloj, brazaletes, anillos, llaveros, cadenas, delantales metalizados, ropa con hilos conductores, cascos metálicos, gafas con montura de metal, entre otros.

La *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* complementa expresando que deberá evitarse la utilización de cremalleras y cierres metálicos en la ropa que vistan los operarios que realicen labores en áreas energizadas y el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* menciona que en el caso en que se requiera el uso de cintas métricas, o reglas, estas no deben estar construidas de materiales conductores.

### **3.5.6 Aproximación con poca visibilidad**

La *NFPA 70E* y el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* expresan que se debe proveer una adecuada iluminación antes de que se les permita a los trabajadores ingresar en espacios que contengan partes energizadas con el fin de evitar problemas relacionados con contactos accidentales con partes vivas y sin las medidas de seguridad adecuadas para evitar una descarga eléctrica a través del cuerpo de los sujetos que así lo hagan.

### **3.5.7 Trabajos en una sola fase**

Según el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*, el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A*, el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador*, el *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* los operarios que realicen un trabajo a contacto deberán ejecutar su labor exclusivamente en una sola fase.

Con el fin de evitar un contacto simultáneo de la fase intervenida con otra superficie viva o cualquier parte de la estructura, en este tipo de trabajo todos los equipos y conductores energizados y también las derivaciones de línea a dichos equipos, o equipo a potencial de tierra que pueda crear un riesgo eléctrico, debe ser cubierto con equipo de protección ya sea de polietileno o de caucho, de clase y características nominales adecuadas a la tensión de la red sobre la que se ejecuta el servicio y siguiendo los procedimientos enunciados anteriormente con relación a este apartado.

### **3.5.8 Normas para trabajos aéreos**

#### **3.5.8.1 Ascenso y descenso de material**

El *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* y el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador* contemplan que las herramientas, equipos pequeños y materiales en general deben bajarse o subirse en una bolsa para herramientas; La primera de estas dos normas menciona además que, la bolsa para herramientas deberá ser inspeccionada antes de usarse para comprobar que no contenga vidrios rotos u otro material que pueda cortar al trabajador sus manos o sus guantes aislantes y además agrega que este medio de ascenso y descenso de material no debe tener ninguna parte metálica en su construcción.

Por último el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador* establece que los empleados que están trabajando a nivel del suelo deberán ubicarse donde no puedan ser golpeados con material que los trabajadores que están arriba dejen caer.

#### **3.5.8.2 Consideraciones sobre el escalamiento de estructuras**

La *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*, el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* y el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador* establecen que antes de escalar postes, escaleras, u otras estructuras similares, o antes de trabajar en andamios, los trabajadores deberán realizar una inspección cuidadosa para determinar si las estructuras son seguras y se encuentran apoyadas apropiadamente.

El *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* agrega que los trabajadores no deberán llevar objetos en sus manos mientras asciendan o desciendan estructuras, sin embargo, expresa que pequeños objetos o herramientas pueden ser llevados en los bolsillos o en estuches.

Mientras que el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.* y el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador* hacen alusión al presente tema indicando que si mas de una persona necesita trabajar en un poste o estructura simultáneamente, el primer trabajador debe alcanzar su posición de trabajo antes de que el otro deje el suelo e indicando, que normalmente, ningún empleado debe trabajar directamente debajo de otro en la misma estructura, a menos que sea una emergencia y cuando esto sea necesario, se deben tomar cuidados especiales para prevenir que herramientas u otros objetos caigan sobre el empleado que está debajo.

#### **3.5.8.3 Trabajos sobre conductores energizados**

Dentro de las precauciones que se deben tener cuando se están realizando trabajos aéreos con conductores energizados el *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* es el que mejor establece el conjunto de requerimientos que debe cumplir todo trabajador que realice este tipo de labores y que se menciona a continuación:

- El liniero que utilice la ropa conductiva se debe vestir en el piso cerca de la torre y sólo la debe utilizar para trabajos a potencial.
- El jefe de trabajo y el liniero que va a usar la ropa conductiva le deben realizar una inspección ocular detallada buscando rasgaduras o huecos que puedan ocasionar choques eléctricos de alguna magnitud.
- Es importante que el liniero utilice casco dieléctrico y se debe cerciorar que la capucha conductiva cubra el casco hasta la frente, en tal forma que el espacio para la cara sea lo más pequeño posible.
- El liniero que va a trabajar a potencial debe estar aislado de tierra o de cualquier objeto que esté a una tensión distinta que la del dispositivo a intervenir.
- Para someter o entrar al liniero a la tensión de línea, se debe producir un contacto inicial con el conductor energizado utilizando la pértiga de contacto.
- Se debe comprobar que el vestido mediante la cola conductiva, tenga un buen contacto eléctrico con la parte metálica (grapa) de la pértiga de contacto.
- Para acercarse, hacer contacto o alejarse del conductor energizado se deben cumplir con las siguientes precauciones:
  - Si se utiliza la escalera aislante como medio para acercar el liniero al conductor o parte energizada, se debe sujetar a la escalera con el cinturón de seguridad y en una posición cómoda que le permita ubicarse frente al conductor energizado al nivel de la cara.
  - El movimiento de acercamiento de la escalera hacia el conductor o parte energizada debe ser lento y uniforme, que no perturbe el equilibrio del liniero. El movimiento de la escalera debe ser controlado desde la estructura, mediante el uso de pértigas para éste fin.
  - Cuando el liniero esté a una distancia aproximada de 50 o 60 centímetros del conductor energizado, debe ejecutar el contacto inicial en forma rápida, fuerte y segura, verificando que la grapa de la pértiga de contacto quede bien sujeta al conductor para que la conexión sea perfecta.
  - Finalizando el trabajo, el liniero debe retirarse unos 50 o 60 centímetros del conductor energizado para luego desconectar la pértiga de contacto en forma rápida, fuerte y segura. El liniero debe estar prevenido, pues cuando efectúe la maniobra se presenta un arco voltaico de aproximadamente 15 a 20 centímetros.
  - El movimiento de alejamiento de la escalera y del liniero se debe ejecutar en forma lenta, uniforme y segura.
  - Al regresar a la estructura el liniero debe drenar o descargar la carga electrostática, mediante el uso de una pértiga estática agarrada fuertemente.

- El liniero no debe realizar ningún contacto con objetos que no estén sometidos a la misma tensión. Toda herramienta o material que se le pase se debe poner en contacto con el conductor energizado antes de entrar en contacto con el liniero.
- Cuando se esté trabajando cerca de otros conductores con tensión diferente, estos se deben alejar en tal forma que los equipos o linieros no entren en contacto accidental.

Además de lo mencionado anteriormente el ***Código de seguridad del sector eléctrico colombiano*** especifica que para trabajos en canasta se debe tener en cuenta que:

- El piso en el lugar de trabajo debe ser cuidadosamente examinado para asegurar que las ruedas del camión y las zapatas queden firmemente apoyadas.
- Se debe tener especial cuidado con la presencia y localización de los conductores y objetos cercanos antes que el camión se mueva dentro del área de trabajo.
- Por ningún motivo se debe mover el camión cuando se trabaja en la canasta.
- A ninguna persona se le debe permitir estar cerca del camión canasta mientras el brazo esté extendido.
- El liniero que trabaja desde la canasta o plataforma debe estar asegurado a la misma con el cinturón de seguridad.
- Cuando estén dos hombres trabajando en la misma canasta, sólo se debe trabajar en el mismo conductor (Fase) simultáneamente y sólo uno de ellos debe ser responsable del movimiento del brazo de la canasta.
- El camión debe aterrizar por medio de un conductor, cuyo calibre sea mayor o igual a A.W.G. No 2 de cobre.
- Cuando se trabaje a tensiones menores que 20 kV se debe utilizar mangas y guantes dieléctricos, debido a la cercanía entre fases.
- Los conductores que estén cubiertos no se deben utilizar como soportes de herramientas o del cuerpo del operario

#### **3.5.8.4 Procedimientos de trabajo**

Según el ***Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*** cuando los trabajadores estén a punto de empezar el trabajo y requieran el uso de elementos aislantes, ellos deberán subir o elevar los materiales a una posición que no sobrepase la primera línea de conductores.

Al subir los elementos los trabajadores deben determinar sus posiciones de trabajo y las líneas u otros conductores que deben ser cubiertos.

Después de esto se procederá a solicitar los elementos a instalar.

Antes de seguir adelante, los trabajadores se pondrán los guantes aislantes y sus protectores de cuero cerciorándose de que estos se encuentran en buen estado.

Cuando los trabajadores asciendan hasta su posición de trabajo, ellos deberán cubrir todos los conductores y tierras adyacentes al espacio de trabajo que puedan representar riesgos, incluyendo aquellos elementos que queden cercanos ante cualquier posible cambio de posición que sea necesario dentro del trabajo. En ningún momento los obreros circularán a través de líneas o equipos energizados antes de que sean cubiertos con sus respectivos elementos aislados (guardas de línea).

Cuando las mangas de línea sean ubicadas sobre cables verticales o con cierta curvatura, estas deben atarse a la línea para prevenir que resbalen.

Cuando se usen mantas para cubrir objetos como fines de línea, perchas secundarias, y transformadores, entre otros, estas deberán asegurarse por abrazaderas o correas de plástico.

Después de que el equipo de protección ha sido ubicado, deberán tomarse las precauciones necesarias para prevenir daños al aislante de todos los objetos que lo posean durante el desarrollo de los trabajos que se están realizando.

### **3.5.9 Condiciones ambientales**

Con el fin de evitar alteraciones en las propiedades dieléctricas de los equipos de protección y del medio de trabajo en general tanto para el ***Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*** como para el ***Código de seguridad del sector eléctrico colombiano*** y la ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** los trabajos de mantenimiento de líneas o redes energizadas o en caliente **NO SE DEBEN REALIZAR** cuando existan indicios o presencia de lluvias y tormentas eléctricas o descargas atmosféricas en la zona de trabajo.

El ***Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*** establece que se puede hacer una excepción en casos de emergencias extremas siempre y cuando por supervisión se determine que los trabajos pueden ser realizados de manera segura, mientras que la ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** añade que **NO se deberá iniciar un servicio** cuando las condiciones ambientales del sitio del trabajo no sean las adecuadas y se tenga un porcentaje de humedad relativa demasiado alto, como sucede en las primeras horas de la mañana, especialmente cuando la noche anterior ha sido de lluvia.

Como complemento el ***Código de seguridad del sector eléctrico colombiano*** enuncia el procedimiento que se debe llevar a cabo en el sitio de trabajo cuando se cuente con condiciones climáticas poco favorables para la resolución de trabajos en línea viva tal y como se presenta a continuación.

- Si durante la realización de un trabajo en redes y líneas energizadas o en caliente se precipita repentinamente una lluvia, **se debe dejar instalado** el equipo y proceder de inmediato y ordenadamente al descenso del personal o linieros de la torre o poste.

- Tanto el personal de tierra como los linieros una vez bajen se deben retirar de la estructura (Torre o poste) a una distancia segura y prudencial que los proteja de una descarga a tierra.
- Una vez cese la lluvia y/o las descargas atmosféricas se debe esperar un tiempo prudencial para continuar con el trabajo, teniendo la precaución de secar muy bien todo el equipo aislado (pértigas y plataformas) con un trapo suave, aspecto en el cual coincide con la ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P.***
- El jefe de trabajo es la única persona que debe considerar si el mantenimiento se continúa o se suspende hasta el día siguiente.

### **3.5.10 Acciones prohibidas mientras se trabaja**

Como parte fundamental para llevar a cabo los trabajos en líneas energizadas la ***NFPA 70E***, el ***Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A***, el ***Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador*** y la ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** mencionan una serie de acciones que todo empleado que vaya a ejercer labores sobre un sistema o equipo energizado debe evitar por considerarse peligrosas para la integridad del mismo operario o de sus compañeros de trabajo, entre las cuales tenemos:

#### **3.5.10.1 Hacer bromas**

Tanto el ***Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador*** como la ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** y el ***Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A*** afirman que cada operario deberá estar siempre atento, evitando en todo momento involucrarse en bromas físicas o luchas que puedan exponer innecesariamente a otros trabajadores que estén alrededor a riesgos de lesión.

#### **3.5.10.2 Ser descuidados**

Para la ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** y el ***Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A*** un operario descuidado, inseguro o imprudente es una amenaza de accidente tanto para sí mismo como sus compañeros y por tanto, se deberá retirar de las labores sobre equipos o redes energizadas.

#### **3.5.10.3 Consumir alcohol, tóxicos o drogas**

Para el ***Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A***, el ***Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador*** y la ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** el consumo de alcohol o uso de drogas ilegales o medicinas no prescritas deberá ser estrictamente prohibido. Además, si el supervisor inmediato se percata de que el trabajador está bajo la influencia de alcohol o drogas, por insignificante que haya sido la ingestión de éstas, deberá remover a éste último del sitio de trabajo.

#### **3.5.10.4 Trabajar enfermo o bajo estrés emocional**

La *NFPA 70E* menciona al respecto que a los empleados no debe permitírseles intencionadamente que trabajen en áreas que contengan partes con corriente u otros peligros eléctricos mientras su estado de alerta esté notablemente limitado por enfermedad, fatiga, u otras razones, por otra parte la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* complementa expresando que cuando el operario no se encuentre en adecuadas condiciones (físicas y emocionales) para desempeñar las labores normales de Línea Viva, deberá ejecutar tan solo labores auxiliares de menos responsabilidad en el piso, sin permitírsele de ninguna manera que ascienda a la estructura.

#### **3.6 ACCIONES Y CONDICIONES SIGNIFICATIVAMENTE INSEGURAS**

La totalidad de las normas contempladas en el presente estudio técnico comparativo comparten su opinión sobre una serie de acciones y condiciones que se deben evitar dentro de un proceso de trabajo sobre línea viva y que se enuncian a continuación:

- Operar sin autoridad sobre un equipo o sistema energizado.
- Fallar al advertir o proteger a los demás.
- Operar o trabajar a velocidades inseguras.
- Deshabilitar dispositivos de seguridad sin autorización.
- Usar equipo inseguro (las manos en lugar del equipo) o el equipo de forma inadecuada.
- Tomar posiciones o posturas inseguras.
- Trabajar en equipo en movimiento o peligroso.
- Distracciones, burlas, abusos, asustar.
- Fallas en el uso de ropa adecuada o de equipos de protección personal.

#### **3.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL "PPE" Y HERRAMIENTAS PARA TRABAJOS EN LÍNEA VIVA**

El uso adecuado, selección propia, mantenimiento y pruebas convenientes del equipo de protección y de las herramientas para trabajos en línea viva, suministra a los operarios la protección necesaria contra descargas eléctricas y otros riesgos inherentes a los trabajos sobre equipos o redes energizadas, como también los protege de las consecuencias de procedimientos erróneos o de sucesos imprevistos en el proceso de desarrollo de las labores asignadas para cada uno de ellos.

Es por esto que las normas contempladas en el presente estudio técnico comparativo consideran de vital importancia tener en cuenta el conjunto de consideraciones que se mencionan a continuación con referencia a este apartado.

### 3.7.1 Requisitos para la selección de equipo de protección personal "PPE" y herramientas para trabajos en línea viva

Aunque para el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A*, la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* y el *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* la principal consideración a tener en cuenta en la selección del equipo de protección personal "PPE" y herramientas para trabajos en línea viva es, que éste tipo de dispositivos sean apropiados para la tensión de línea de los equipos o sistemas a intervenir, sólo el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A* expresa de alguna manera una guía que le permite a los operarios interpretar de una manera más clara lo que éste requisito implica.

En la tabla 12 se puede observar lo que esta norma establece con respecto a este tema.

Tensión máxima de uso [V]	Clase	Color de la etiqueta	Tensión de prueba [V]
1 000	0	Rojo	5 000
7 500	1	Blanco	10 000
17 000	2	Amarillo	20 000
26 500	3	Verde	30 000
36 000	4	Naranja	40 000

**Tabla 12. Tensión máxima de uso para elementos aislantes de caucho.**

Como complemento a lo mencionado anteriormente el *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* expresa que con el fin de realizar una buena escogencia del equipo y de la herramienta, el personal que trabaja sobre equipos o líneas energizadas además de conocer la construcción, función de diseño y la maniobrabilidad de los mismos debe tener en cuenta que los dispositivos tengan:

- Excelentes cualidades de aislamiento eléctrico.
- Alta resistencia mecánica:
  - Resistencia a la flexión.
  - Resistencia a la torsión.
  - Resistencia a la tracción.
  - Resistencia a la compresión.
  - Resistencia a la rotura.
  - Resistencia al impacto.
- Peso mínimo.
- Facilidad de manipulación.
- Adaptabilidad a los diversos tipos de redes y líneas.

- Facilidad de mantenimiento y reparación.

### **3.7.2 Inspección y prueba del equipo de protección personal**

Tanto el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*, el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A*, el *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* mencionan que es aconsejable efectuar inspecciones periódicas a todo el equipo de protección y herramientas de trabajo en línea viva, para estar completamente seguros de que se encuentran en perfecto estado, de tal modo que se pueda garantizar su uso en cualquier caso que se requiera, el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A*. añade que, independiente de la frecuencia de las inspecciones, los intervalos de prueba para el equipo de protección personal y para las herramientas para trabajos en línea viva no deben exceder los 6 meses.

La *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* siendo un poco mas estricta indica que las pruebas eléctricas deben realizarse cada dos meses y además menciona que se deben llevar registros de cada una de ellas, pero respecto a este apartado, no supera en exigencia al *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* que expresa que a todos los equipos y herramientas aisladas se les debe efectuar una prueba de aislamiento mensual.

Sin embargo, un aspecto que hay que resaltar, es que a pesar de que el grupo de normas enunciado anteriormente mencionan como un aspecto importante sobre la seguridad de los trabajadores en línea viva las pruebas que se deben realizar al equipo de protección personal, no se expresa en ninguna de ellas los procedimientos que se deben seguir para esto, ni el total de pruebas que se recomienda realizar a cada equipo, aunque para mayor información sobre éste tema, el lector podrá remitirse al capítulo tres, del presente documento.

Las cuatro normas en cuestión son enfáticas al expresar que tanto el equipo de protección personal como las herramientas para trabajos en línea viva deberán ser inspeccionados antes de cada trabajo y al culminar el mismo, con el fin de detectar fallas en ellos para posteriormente comunicarlas al jefe de cuadrilla o al encargado de la seguridad del personal en el sitio de trabajo y evaluar conjuntamente la gravedad de la situación e implementar las medidas correctivas adecuadas para la solución de éste problema.

Según el *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* la responsabilidad de realizar los procesos de inspección en el lugar de trabajo es tanto del jefe de cuadrilla como de la totalidad de los operarios que se van a ver involucrados en los trabajos con equipos o redes energizadas, mientras que para el equipo de protección y herramientas que se encuentran almacenadas por largos lapsos de tiempo, la responsabilidad recae en el inspector de seguridad y en el jefe de trabajos en línea viva.

### **3.7.3 Protección de la cabeza**

Para la *NFPA 70E*, el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* y el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador*, los empleados deberán usar protección no conductora para la cabeza donde quiera que haya peligro de lesiones debidas a choques eléctricos o quemaduras por el contacto con partes energizadas o de objetos que salgan despedidos como resultado de una explosión por arco eléctrico.

El *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* y el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador* mencionan que los trabajadores deberán usar cascos aprobados cuando:

- Trabajen sobre postes, estructuras, edificios o árboles.
- Trabajen en tierra cerca de postes, estructuras, edificios, o árboles en los cuales un trabajo esté siendo desarrollado.
- Visiten o inspeccionen áreas en donde un trabajo aéreo está siendo desarrollado.

### **3.7.4 Protección de los ojos**

Para la *NFPA 70E*, el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*, el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador* y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* siempre que los ojos estén en peligro de ser lesionados durante trabajos de línea viva, los operarios deberán usar gafas protectoras u otros protectores de los ojos contra rayos ultravioleta, de un matizado de densidad mínima de 2,5.

La protección ocular, antes mencionada, no debe presentar en su construcción ningún objeto metálico con el fin de evitar riesgos por descarga de arco o por contactos accidentales con las partes energizadas.

### **3.7.5 Protección del cuerpo**

Según la *NFPA 70E* los empleados deberán usar ropa resistente a la llama donde pueda haber exposición a una descarga de arco.

Esta ropa puede ser provista con camiseta y pantalón, o con un "cubretodo", o para protección máxima, con "cubretodo" y chaqueta.

#### **3.7.5.1 Características de la ropa para protección del cuerpo**

La *NFPA 70E* menciona que para éste tipo de prendas se pueden conseguir telas de diferente peso, 4, 6, ó 10 onzas, en donde el grado más alto de protección está dado por las telas de mayor peso o por combinaciones de ropas de fibra natural resistentes a la descarga eléctrica.

En cuanto a los materiales de construcción, esta norma menciona además, que las prendas usadas deben estar preferiblemente constituidas por algodón especial retardante de fuego o fibras de meta-aramid, para-aramid, y polibenzimidazol (PBI), que proveen protección térmica y además añaden

fortaleza a la tela para evitar que se rompa debido a la energía expedida por la onda explosiva del arco eléctrico.

### **3.7.5.2 Características de la ropa de trabajo**

Tanto para el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* como para el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador* y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* la vestimenta de trabajo deberá ser hecha de materiales naturales, como algodón o lana, debido a que otras telas pueden ser, en algún grado, conductivas y, además, las de algodón son bastante frescas y ayudan a absorber más fácilmente el sudor, o de materiales resistentes al fuego y deberán contar con mangas que cubran la totalidad del brazo.

### **3.7.5.3 Consideraciones con respecto a la ropa para protección del cuerpo y a la ropa de trabajo**

Según la normativa estudiada, existe una serie de aspectos importantes que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar la indumentaria de protección y de trabajo para los operarios que trabajen sobre equipos y sistemas energizados, entre estas consideraciones están:

#### **3.7.5.3.1 Movilidad y visibilidad**

Según la *NFPA 70E* cuando se use ropa especial resistente al fuego o retardante de fuego, ésta debe cubrir todas las prendas de material inflamable y debe permitir una buena movilidad y visibilidad.

#### **3.7.5.3.2 Cobertura**

Para la *NFPA 70E* la ropa protectora deberá cubrir partes potencialmente expuestas tanto como sea posible.

#### **3.7.5.3.3 Comodidad**

Para la *NFPA 70E* y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* debe evitarse la ropa muy apretada con el fin de minimizar la fatiga y la reducción de flexibilidad y confortabilidad en el trabajo, además de que con la ropa suelta se obtiene aislamiento térmico adicional debido a los espacios de aire.

#### **3.7.5.3.4 Interferencia**

Según la *NFPA 70E*, la ropa seleccionada debe interferir en lo mínimo con el trabajo, pero aún así proveer la protección necesaria.

#### **3.7.5.3.5 Derretimiento**

La *NFPA 70E* recomienda que no deben usarse prendas hechas con materiales sintéticos como el poliéster, nylon, y las mezclas de sintéticos y algodón ya que estas se derretirán en la piel cuando sean expuestas a altas temperaturas y agravarán las quemaduras.

### **3.7.5.3.6 Inflamabilidad**

Según la *NFPA 70E*, el algodón, el algodón-poliéster, seda, lana, y telas de nylon son inflamables. El algodón tratado retardante de fuego, las telas de meta-aramid y para-aramid pueden encenderse pero no se seguirán quemando después de que se alejen de la fuente de ignición.

La ropa hecha de materiales naturales como el algodón, lana o seda se aceptarán si se determina por medio de análisis de peligro de descargas que la tela no se encenderá y continuará quemándose bajo las condiciones de exposición al arco.

### **3.7.6 Protección de manos y brazos**

La *NFPA 70E* y el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* coinciden en que los empleados deberán usar guantes y mangas aislantes de caucho donde haya peligro de lesiones en manos y brazos causadas por choques eléctricos por entrar en contacto con partes energizadas o donde haya posibilidad de exposición a una quemadura por descarga de arco.

El *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* menciona además que, cuando no sean requeridos los guantes aislantes necesarios para trabajos en alta tensión, pero, se manipulen materiales y equipos, se requerirá el uso de guantes de trabajo para prevenir posibles cortaduras e irritaciones de piel.

### **3.7.7 Protección de pies**

Según el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* y el *Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador* los empleados que vayan a realizar trabajos en subestaciones, líneas de transmisión o redes de distribución energizadas deberán usar zapatos **no conductivos**, en los que ninguna parte metálica estará presente en su construcción.

La *NFPA 70E* agrega que de considerarse necesario se usarán cobertores dieléctricos de zapatos como protección contra tensiones de paso o de contacto.

### **3.7.8 Almacenamiento del equipo de protección personal**

El almacenamiento correcto es otro factor que garantiza la conservación de las propiedades aislantes y las características de diseño del equipo y de las herramientas aisladas, por ello el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A*, el *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* y la *Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P* se expresan al respecto de la siguiente manera:

- El equipo de protección de caucho no deberá ser guardado húmedo, o sucio, a no ser que sea temporalmente, debido por ejemplo a una lluvia inesperada, después de lo cual deberá ser limpiado y secado con un trapo limpio.

- El almacenamiento del equipo de caucho se deberá efectuar de preferencia en un lugar oscuro, seco y fresco.
- Al guardar el equipo de protección flexible debe observarse cuidadosamente que no vaya a quedar sometido a esfuerzos mecánicos de tensión o de compresión, o quedar doblado, debido a que el caucho puede tomar curvaturas permanentes cuando es deformado de su posición natural por tiempo prolongado.
- Los equipos y herramientas se deben almacenar en cuartos designados y adecuados para este fin, en soportes y/o trípodes que eviten el contacto con superficies que puedan ocasionar daños al equipo.
- Para transportar el equipo de protección y las herramientas para trabajos en línea viva se debe contar con un trailer o remolque especializado.
- Cuando no se cuente con el remolque especializado, lo equipos y herramientas se deben transportar en fundas de lona, que los proteja de golpes, rayones y humedad.

Siendo la norma que mejor se expresa sobre el presente tema, la ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** indica que para los diferentes implementos del equipo de protección flexible se deberá tener en cuenta:

### **3.7.8.1 Guantes y mangas de caucho**

El correcto almacenamiento de los guantes y mangas aislantes es lo más importante después de las pruebas, estos deben ser siempre guardados y mantenidos en condiciones de utilidad inmediata.

Las mangas y guantes deberán ser almacenados, en cuanto sea posible, en un área fresca y oscura, y por parejas en cajas. Deberá evitarse su almacenamiento en áreas donde puedan estar expuestos a los rayos del sol, ya sea directamente o a través de ventanas, o donde pueda haber flujo de corrientes de aire caliente sobre ellos o cerca de tuberías de vapor o de radiadores.

Este equipo de protección no deberá ser almacenado en el mismo cuarto donde se realizan las pruebas eléctricas del equipo. El ozono generado durante las operaciones de prueba ataca el caucho de los guantes y mangas, si ellos son dejados en el área de prueba durante un período de tiempo bastante prolongado.

Se deberá almacenar las mangas de caucho preferiblemente extendidas, y colocadas una al lado de la otra, en una talega o recipiente de lona, de forma tal que queden en ella totalmente extendidas longitudinalmente, sin arrugas, o metiendo la izquierda dentro de la derecha, hasta que sean nuevamente usadas. Si las mangas van a ser usadas inmediatamente después de la limpieza, podrán ser enrolladas, pero longitudinalmente, y colocadas en esa forma en un recipiente tubular.

Las mangas no deberán ser dobladas o enrolladas por su parte angosta (extremo inferior que queda en zona de la muñeca) hacia la parte

ancha (extremo superior que queda en zona del hombro), debido a los muchos puntos de tensión y esfuerzo mecánico que se presentan cuando se hace esto.

Los guantes y mangas deberán ser guardados en sus bolsas especiales de lona, en los compartimientos, acondicionados para tal fin, del camión-canasta, mientras no se encuentren en uso en el lugar de trabajo. No deberá guardarse este equipo en la parte delantera del vehículo, porque el calor generado por el motor podría acelerar su envejecimiento y deterioro.

### **3.7.8.2 Cobertores de conductores y aisladores**

Las mangueras se deberán almacenar completamente relajadas, en su posición normal, y los cobertores preferiblemente dentro de sus recipientes de embarque, si se dispone aún de ellos, colocando las cajas una tras otra, para así conservarlos en su forma original.

Las mangueras se deberán colocar para su almacenamiento sobre una superficie horizontal, plana y continua, en compartimientos adecuados a su longitud, de tal modo que éstas en ningún momento puedan combarse en el centro, ya que esto puede crearle condiciones de esfuerzo mecánico que deben evitarse.

En el vehículo las mangueras y los cubre-aisladores nunca deberán ser usados como base para colocar encima de ellos aisladores, crucetas o herrajes, sino que se deberán acomodar adecuadamente en las gavetas especiales del carro.

### **3.7.8.3 Mantas de caucho**

El almacenamiento adecuado de las mantas es de primordial importancia para su conservación. Las mantas siempre deberán ser almacenadas completamente extendidas si se hallan en un cuarto especial de almacenamiento o enrolladas en un recipiente especial portamantas si se llevan en los compartimientos especiales del vehículo para algún servicio.

No se deberá usar cinta aislante plástica adhesiva para mantener las mantas enrolladas, debido a que la cinta puede llegar a penetrar la superficie de la manta y dicha cinta, al ser retirada, podría arrancar el pedazo de la superficie donde fue fijada y por lo tanto, destruir la manta con esta operación.

Las mantas nunca deberán ser almacenadas, dobladas, arrugadas o apretujadas de cualquier manera. En atención a esto último, por tanto, no deben colocarse objetos encima de ellas, puesto que esta operación podría deformarlas.

Se deberá evitar que las mantas queden sujetas a cualquier tipo de tensión o esfuerzo mecánico mientras estén almacenadas, para evitar que éstas tomen una deformación permanente.

Las mantas de caucho, al igual que los guantes y las mangas, no deberán ser almacenadas donde puedan quedar expuestas a los rayos directos del sol, o en áreas donde pueda fluir sobre ellas corrientes de aire caliente, ya que esto puede acelerarles el envejecimiento y originarles posibles agrietamientos.

### **3.7.9 Pruebas, reparación y mantenimiento del equipo de protección personal y de las herramientas para trabajos en línea viva**

El *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* establece que:

- Para seguridad de los linieros y cuidado del equipo se recomienda antes y después de cada trabajo, efectuarle al equipo aislado, a las herramientas, a los accesorios y a los elementos de protección personal, un mantenimiento preventivo, además de las pruebas mecánicas y eléctricas recomendadas por el fabricante.
- Cuando el mantenimiento de redes y líneas energizadas es prolongado se recomienda programar un mantenimiento correctivo a la totalidad del equipo, de acuerdo con las normas de fabricación.
- Se debe establecer un periodo para someter los equipos y herramientas que estén destinados a soportar cargas de tensión, suspensión y compresión (yugos, pértigas de puntos, grapas y otros) a un chequeo con rayos X o de ultrasonido y pruebas de resistencia mecánica para comprobar si se han presentado fisuras internas y deformaciones por sobrecargas.
- Pruebas mecánicas:
  - Resistencia a la flexión
  - Resistencia a la torsión
  - Resistencia a la tracción
  - Resistencia a la compresión
  - Resistencia al impacto
  - Resistencia a la rotura

Cualquier anomalía en los equipos y herramientas sometidos a estas clases de chequeos es motivo para retirarlos de servicio.

En cuanto a la reparación y mantenimiento esta misma norma expresa que:

- Para recuperar las superficies lisas de las pértigas y bastones se debe usar lija fina (00), luego sacarlas y pintarlas con barniz dieléctrico (Para mayor información sobre el método de adecuación de las pértigas, el lector se podrá remitir al capítulo tres del presente documento).
- Cuando las partes metálicas de los equipos y herramientas aisladas presenten deterioro se deben reemplazar por partes nuevas, nunca se deben soldar.

### **3.7.10 Otras consideraciones sobre el equipo de protección personal y herramientas para trabajos en línea viva**

Como se ha mencionado durante el presente capítulo el personal que labore en línea viva deberá tomar medidas para controlar que todo el equipo de protección y las herramientas en línea viva estén debidamente inspeccionados, mantenidos, probados y guardados adecuadamente, de tal modo que se hallen en perfectas condiciones de seguridad para ser utilizados en cualquier momento.

Por tanto, cada operario deberá familiarizarse completamente con el equipo suministrado para su protección y cubrimiento tanto de zonas energizadas como de estructuras, al igual que con las herramientas necesarias para intervenir equipos o sistemas energizados, así que además de las diferentes recomendaciones tratadas hasta este momento, se deberán tener en cuenta las siguientes:

La ***Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P*** establece que:

- Ningún operario podrá ingresar a la canasta o plataforma aislada y, menos aún a la zona energizada de trabajo, sin su adecuado equipo de protección personal.
- Bajo ninguna circunstancia, los operarios deberán quitarse sus elementos de protección personal, cuando se encuentran en la zona energizada de trabajo o cerca de ella.
- Los guantes de caucho deberán ser inspeccionados visualmente, junto con los guantes protectores de cuero antes de ser usados.
- Los guantes y mangas de caucho deberán ser cambiados siempre que estén dañados, o cuando el operario a quien hayan sido asignados tenga dudas del estado de su aislamiento.
- Tanto el equipo de protección como las herramientas deberán ser usados adecuada y cuidadosamente, evitando de esta manera que se presenten situaciones riesgosas.

Mientras el ***Código de seguridad del sector eléctrico colombiano*** añade que es importante tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Mantener los equipos y herramientas secos.
- Los equipos y herramientas no se deben colocar en el suelo o piso, siempre se debe utilizar una lona seca y limpia.
- Los equipos y herramientas aisladas expuestas a la humedad se deben secar y limpiar correctamente, tan pronto sea posible.
- Los equipos y herramientas aisladas que sufran deterioro, rayaduras, manchas, y otros, se deben retirar de servicio y pasar a reparación. Cuando no es posible su recuperación, se deben dar de baja.
- Especial atención se le debe prestar a las partes metálicas de los equipos y en especial aquellos que son sometidos a esfuerzos mecánicos de tensión, siempre que el equipo lo permita se debe reemplazar la parte metálica dañada por una nueva.
- Antes de usar cualquier equipo y herramienta aislante se deben verificar sus condiciones de aislamiento, de acuerdo con los niveles de tensión donde se va a utilizar.
- Finalmente hace responsable al jefe de trabajo de revisar todos los equipos de protección personal del grupo o cuadrilla y de realizar una confrontación o

un inventario del personal, equipo y herramienta utilizada en el trabajo de mantenimiento con la finalidad de constatar faltantes.

### **3.7.11 Mangas de línea de caucho, capuchas, cobertores, mangas, y mantas**

Según el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* los linieros deberán usar mangas aislantes de caucho para proveer protección contra descargas eléctricas y quemaduras en las áreas de los brazos y hombros. Ellas están disponibles en varios y diferentes tamaños, diseños, y espesores dependiendo de la máxima tensión para las que están diseñadas para proteger.

La manga de la línea aislante (mangas flexibles) es usada como un cobertor aislante de los conductores eléctricos para proteger contra contactos accidentales. La composición y diseño de estas mangas les permiten ubicarse fácilmente sobre los conductores. Están disponibles en varios diámetros, tamaños, y composiciones.

Los cobertores aislados son usados en conjunto con las mangas de línea para cubrir un aislador y el conductor asociado a él para protección contra contactos accidentales.

Las mantas aislantes de caucho son hojas moldeadas de elastómeros sintéticos o caucho aislante, usualmente de forma cuadrada o rectangular, diseñadas para cubrir equipo eléctrico energizado para prevenir contacto directo accidental de los trabajadores eléctricos.

Las mantas deben enrollarse y ubicarse dentro de contenedores recubiertos con lona de protección. No deben ser plegadas o mantenerse juntas con cintas, no deben amontonarse en la parte superior de los contenedores, o ubicarse cerca de superficies calientes.

### **3.7.12 Herramientas de escalamiento**

Según el *Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.* y el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* los trabajadores autorizados para escalar postes o estructuras de soporte de líneas de transmisión o redes de distribución deben tener un juego completo de herramientas aprobadas para éste tipo de labores.

Respecto a este tema el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* complementa expresando que los empleados que en sus trabajos de mantenimiento se vean involucrados con el escalamiento de tales estructuras deberán aplicar las siguientes normas:

- Todas las herramientas de escalamiento deberán ser inspeccionadas frecuentemente por el trabajador que las use.
- Los dispositivos de escalamiento que presenten algún daño no deben repararse, deben reemplazarse inmediatamente.

### **3.7.13 Arnese y cinturones de seguridad**

El *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* señala que los empleados que usen arneses o cinturones de seguridad (equipo de soporte para la realización del trabajo) deberán aplicar lo siguiente:

- Todo arnés o cinturón de seguridad deberá ser inspeccionado antes de cada trabajo por el empleado que lo use.
- Los trabajadores deberán usar cinturones de seguridad y arneses cuando realice cualquier trabajo que involucre peligros de caídas.
- Los arneses y cinturones de seguridad no deben almacenarse con herramientas o dispositivos afilados.

### **3.7.14 Hachas de mano y herramientas afiladas**

Según el *Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A* cuando se trabaje con hachas de mano y herramientas afiladas se debe cumplir con lo siguiente:

- No deben usarse hachas de mano u otras herramientas afiladas en trabajos aéreos.
- Cuando estén fuera de uso las herramientas afiladas deben ser protegidas dentro de recipientes adecuados.

### **3.7.15 Escaleras aisladas**

Dentro del mantenimiento de líneas energizadas o en caliente, la escalera aislante tiene un tratamiento especial, pues es uno de los medios utilizados para ubicar al liniero en trabajos a distancia y a potencial, cerca o en contacto directo de un conductor o parte energizada.

El *Código de seguridad del sector eléctrico colombiano* se expresa respecto a este apartado contemplando los siguientes aspectos:

#### **3.7.15.1 Resistencia a la tensión**

La escalera aislante se usa como soporte del liniero para realizar trabajos a distancia y a potencial siempre y cuando la tensión del circuito entre fases exceda de 30 kV.

#### **3.7.15.2 Montaje e inspección**

El montaje de la escalera aislante puede ser de dos formas, horizontal o vertical. Se debe tener especial cuidado al seleccionar el sitio o lugar de instalación de acuerdo al tipo de estructura y si se requiere o no de la extensión.

Para el montaje vertical, los ganchos anclados a la estructura se aseguran con cadenas y de acuerdo a la longitud de la escalera y el sitio donde se va a ubicar el liniero, se le coloca una pértiga de alejamiento para controlarla desde la estructura de la torre.

Para el montaje horizontal se debe instalar un yugo sobre un soporte giratorio apoyado y sujetado con grapas a la estructura de la torre.

Este sistema se acopla por medio de un aparejo al extremo de la torre, que permite controlar la horizontalidad de la escalera. Como norma de seguridad, el jefe de trabajo debe inspeccionar que el montaje esté completo, correcto y seguro antes de utilizarlo.

### **3.7.15.3 Introducción del liniero a la escalera**

Para introducir el liniero en una escalera montada verticalmente, se debe arrimar la escalera a la estructura de la torre y no se puede mover hasta que el liniero alcance la ubicación y posición deseada.

Cuando la introducción es sobre una escalera montada horizontalmente, el liniero se debe montar y en esta posición se debe mover hasta alcanzar la ubicación deseada.

Con excepción del momento de montar o desmontar la escalera, el liniero debe permanecer constantemente atado o sujeto a ella mediante su cinturón de seguridad.

Después de alcanzar la ubicación y posición en la escalera con montaje horizontal, el liniero puede escoger la posición más cómoda para trabajar, es decir, sentado o de pie, pero lo importante es no sacrificar seguridad o comodidad por maniobrabilidad.

### **3.7.15.4 Control de la escalera**

Los movimientos de la escalera ya sea en montaje horizontal o vertical, deben ser estrictamente controlados desde la estructura de la torre, vigilando en todo momento las distancias de seguridad permisibles.

### **3.7.15.5 Prueba eléctrica**

Los chequeos se deben ejecutar una vez se termine el montaje horizontal o vertical de la escalera aislante y antes de iniciar los trabajos.

La escalera se desplaza hasta que los dos pasamanos libres hagan contacto eléctrico con el conductor energizado. Mediante un micro-amperometro instalado entre la escalera y la torre, se mide la corriente (microamperes) que está pasando a través de la escalera a la estructura. Sólo se puede ejecutar el trabajo si después de un minuto de instalado el micro-amperometro marca menos de medio microampere por cada kilovolt de fase a tierra.

$$kV_{\text{fase-tierra}} = \frac{kV_{\text{fase-fase}}}{\sqrt{3}}$$

#### **Ejemplo:**

- 115 kV fase-fase equivale a 66,4 kV fase-tierra y el micro-amperometro no debe exceder de  $0,5 \cdot 66,4 = 33,2$  microamperes.
- 230 kV fase-fase equivale a 132,8 kV fase-tierra y el micro-amperometro no debe exceder de  $0,5 \cdot 132,8 = 66,4$  microamperes.

Por último el **Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador** complementa indicando que para trabajos con equipos o sistemas energizados se usarán únicamente escaleras no conductivas y añade que las escaleras para montajes verticales deben estar equipadas con patas de seguridad y deben posicionarse a nivel del suelo.

Como último aspecto que se contempla en esta norma se tiene que las escaleras deben asegurarse y sostenerse sí:

- Son usadas en terreno desnivelado.
- Al estar extendidas completamente miden más de 6 metros de longitud.
- La base está a una distancia mayor de un tercio (1/3) de su altura o a menos de un cuarto (1/4) de su altura

### **3.7.16 Cuerdas**

El **Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador** y el **Código de seguridad del sector eléctrico colombiano** coinciden al enunciar que:

- Si se utilizan cuerdas aislantes, estas deben permanecer a una distancia segura de las partes u objetos energizados.
- No se puede trabajar con cuerdas húmedas o deterioradas.
- Se debe asegurar que las herramientas y equipos estén enganchados correctamente a los conductores y herrajes en general, antes de transferir la carga mecánica al equipo.
- No se debe recargar las pértigas y demás equipos por encima de la carga nominal de trabajo.

### **3.7.17 Otras consideraciones sobre herramientas para trabajos en línea viva**

Como complemento de lo expresado durante el presente capítulo con respecto a las herramientas para trabajos en línea viva, el **Código O&M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A**, el **Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador** y el **Código de seguridad del sector eléctrico colombiano** presentan las siguientes consideraciones:

- Tanto el equipo de protección como las herramientas deberán ser usados adecuada y cuidadosamente, evitando de esta manera que se presenten situaciones riesgosas.
- Todos los objetos con una clase de tensión más baja que la requerida para la tarea no deben estar disponibles para los empleados en el sitio de trabajo.
- Todas las herramientas aisladas para línea viva deberán ser probadas periódicamente para verificar su capacidad de no conductividad y, si no reúnen los requerimientos de dichas pruebas, sus superficies deberán ser retocadas y acabadas.

- Las plataformas aisladas deben mantenerse limpias y a su superficie superior debe dársele un buen mantenimiento y aplicársele una pintura antideslizante y no conductiva.
- Por seguridad no se deben utilizar pértigas para sujetar la escalera al conductor o a otra parte energizada.
- El jefe de trabajo debe escoger y determinar el equipo y herramientas aislantes que se van a utilizar durante el trabajo de acuerdo con la técnica a emplear. Además durante la escogencia se le debe practicar una inspección ocular detallada buscando averías peligrosas.
- Antes del trabajo se les debe realizar la prueba de humedad a los equipos aislantes mediante el probador de humedad (Hot Stick Tester), cumpliendo con las instrucciones del fabricante.

## **CAPÍTULO 4**

### **PRIMEROS AUXILIOS**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN**

Se entienden por primeros auxilios, los cuidados inmediatos, adecuados y provisionales prestados a las personas accidentadas o con enfermedad antes de ser atendidos en un centro asistencial.

Los primeros auxilios tienen como objetivos básicos:

- Conservar la vida.
- Evitar complicaciones físicas y psicológicas.
- Aliviar el dolor físico y moral.
- Ayudar a la recuperación.
- Asegurar el traslado de los accidentados a un centro asistencial.

Cuando se prestan los primeros auxilios es necesario asegurar que las acciones se estén haciendo en forma adecuada, por tal razón se hace necesario recordar las siguientes normas:

- Actuar si se tiene seguridad de lo que se va a hacer, si hay duda, es preferible no hacer nada, porque es probable que el auxilio que se preste no sea adecuado y que contribuya a agravar al lesionado.
- Conservar la tranquilidad para actuar con serenidad y rapidez, esto da confianza al lesionado y a sus acompañantes. Además contribuye a la ejecución correcta y oportuna de las técnicas y procedimientos necesarios para prestar un primer auxilio.
- Inspeccionar el lugar del accidente y organizar los primeros auxilios, según las capacidades físicas y juicio personal, solicitar ayuda si no es posible acercarse a la víctima debido a serios peligros, como fuego, vapores tóxicos, cables eléctricos entre otros.
- Hacer una identificación completa de la víctima, de sus acompañantes y registrar la hora en que se produjo la lesión.
- No retirarse del lado de la víctima; si esta solo, solicitar la ayuda necesaria (elementos, transporte, etc.) con el fin de asegurar una atención adecuada a la persona que lo requiere.
- Efectuar una evaluación global de la víctima, para descubrir lesiones distintas a las que motivaron la atención y que no pueden ser manifestadas por esta o sus acompañantes. Ejemplo: una persona quemada que simultáneamente presenta fracturas y a las cuales muchas veces no se les presta suficiente atención por ser más visible la quemadura.

- Aplicar el procedimiento de primeros auxilios adecuado, según la lesión que se encontró. Atender en primer lugar las lesiones más graves que ponen en peligro la vida de la víctima.
- Una vez valoradas y luego de haber aplicado los primeros auxilios, trasladar a la persona a un centro asistencial donde pueda ser atendida.

## **4.2 PROCEDIMIENTO PARA PRESTAR PRIMEROS AUXILIOS**

Para prestar los primeros auxilios hay que hacer lo siguiente:

Organizar un cordón humano con las personas no accidentadas; esto no sólo facilita su acción, sino que permite que los accidentados tengan suficiente aire.

Preguntar a los presentes a cerca de quiénes tienen conocimientos de primeros auxilios para que den un apoyo y puedan ayudar a la víctima.

En ocasiones se presenta más de una víctima en un accidente o desastre, esto obliga a clasificar a los lesionados y determinar un orden de prioridad en la atención de los mismos de la siguiente manera:

- En primer lugar, se sitúa las víctimas con signos de dificultad severa para respirar o que no respiran, aquellos que presentan paro cardiorrespiratorio, hemorragia abundante, cuando se sospeche de hemorragia interna o estén presentes manifestaciones de shock.
- En segundo lugar, aquellas personas que presentan quemaduras graves. La víctima quemada es una prioridad, más aun cuando hay que apagar su ropa.
- En tercer lugar, encontramos a las que presentan síntomas de fractura. Estos son lesionados de cuidados intermedios, es decir, aquellos que sus lesiones puedan dar lugar a espera.
- En cuarto lugar, las personas inconscientes sin dificultad respiratoria y sin hemorragia. A estas personas se recomienda tratarlas como lesionados de columna.
- Por último, atender a los lesionados con heridas leves y otras afecciones menos graves.

## **4.3 EVALUACIÓN INICIAL Y REANIMACIÓN**

### **4.3.1 Reanimación**

La reanimación es el conjunto de maniobras que se realizan para asegurar el aporte de sangre oxigenada al cerebro cuando fallan los mecanismos naturales.

Estas maniobras se ejecutan según se detecte la ausencia de una constante vital (la respiración o el pulso) o ambas. Es fundamental que se realice de una manera rápida, exacta y ordenada, pues la ejecución de maniobras de reanimación sobre una persona que respire o tenga pulso puede ser fatal, acarreando lesiones internas graves e incluso la muerte.

### **4.3.2 Evaluación inicial**

Es el proceso de exploración que busca identificar perfectamente qué le ha ocurrido a una víctima de cualquier incidente. La evaluación inicial se divide en

dos fases: **valoración primaria** y **valoración secundaria**. No obstante, también es muy importante la previa evaluación del entorno y el primer contacto con la víctima.

#### **4.3.2.1 Evaluación del entorno**

Al llegar al lugar del incidente, antes de acceder a las posibles víctimas, es conveniente emplear unos instantes en realizar una inspección visual del accidente y de los alrededores en busca de otros riesgos que puedan poner en peligro la vida de las víctimas o la propia.

Al conocer el tipo de accidente sufrido, se podrá saber con bastante aproximación el tipo de lesiones que se han podido producir en la víctima.

Si se trata de un accidente de tráfico, preguntar a las víctimas conscientes sobre el número de acompañantes y sus nombres para conocer el estado de orientación o conmoción en que se encuentran y, además, si procede, buscar otras posibles por los alrededores.

Observar si existe derrame de líquidos inflamables, materias tóxicas o corrosivas en las ropas de la víctima, objetos cortantes o punzantes que pueden herir. Todo ello servirá para dar una asistencia eficaz.

Antes de evaluar a la víctima, es necesario establecer un contacto cordial con la misma, hablar y preguntar por sus lesiones, mantener un tono gentil y amable durante la evaluación, informando de lo que se va ir haciendo, de esta forma se conseguirá no solo la colaboración por parte de la víctima, sino, que se le inspirará confianza al establecer una relación de trato profesional con ella.

#### **4.3.2.2 Valoración primaria y reanimación cardio-pulmonar (RCP)**

Esta consiste en la exploración de las constantes vitales con el único fin de detectar su presencia. Se realizará siempre de manera **rápida y sistemática**, siguiendo estos pasos:

##### **4.3.2.2.1 Consciencia**

Para evaluar la consciencia se preguntará a la víctima si nos escucha y cómo se encuentra, a la vez que se le sacude ligeramente los hombros o se la pellizca en la cara. No sólo se busca que el paciente nos dé una respuesta verbal, sino que se puede esperar cualquier movimiento de defensa del tipo de apertura o cierre de ojos, retirada de la cara o manos ante pellizcos, etc. (Ver figura 23).



**Figura 23. Evaluación del estado de consciencia [3].**

Si la víctima responde, se pasará a realizar la valoración secundaria; si, por el contrario, no se percibe ninguna respuesta se considerará a la víctima inconsciente, por lo tanto se recomienda avisar a una ambulancia asistencial para que ésta sea trasladada a un centro asistencial.

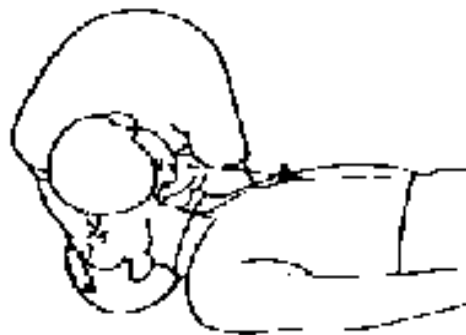
Es importante recordar que a una persona inconsciente como consecuencia de un golpe (traumatismo) siempre se la supondrá y tratará como si tuviera lesión en la columna vertebral, tratando y movilizándolo el eje cabeza, cuello y tronco como un solo bloque.

#### **4.3.2.2.2 Preparación**

El auxiliador se colocará a la altura de los hombros de la víctima, quitará la ropa que le moleste del pecho, aflojará corbata y cinturón, retirará cadenas o collares y colocará a la víctima tumbada sobre un plano duro en decúbito supino (boca arriba) con los brazos a lo largo del cuerpo.

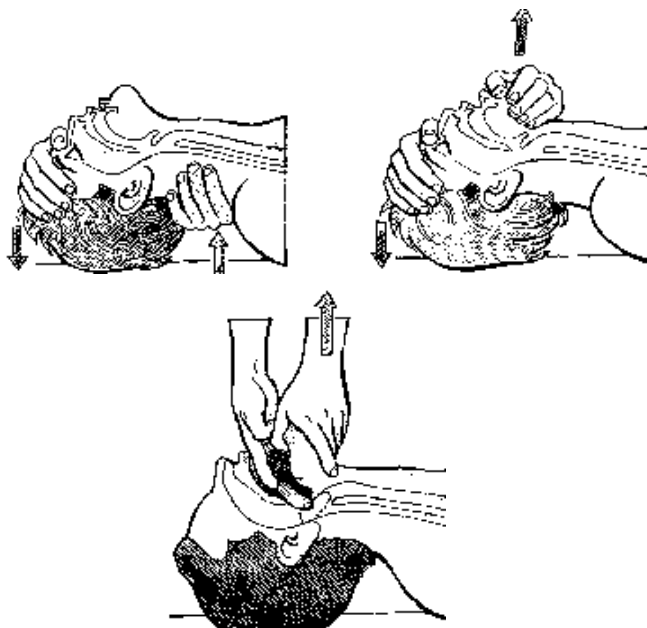
#### **4.3.2.2.3 Respiración**

La respiración se evaluará acercando un lateral de la cara del auxiliador a la boca y nariz de la víctima, a la vez que se mira el pecho y abdomen de la misma (Ver figura 24). Con esto se busca *oír* y/o *sentir* en la mejilla la entrada y salida del aire de la víctima, a la vez que permite *ver* y observar el movimiento respiratorio del tórax y abdomen.



**Figura 24. Evaluación de la respiración [3].**

En caso de no sentir la respiración, se observará que la boca y faringe estén libres de objetos que puedan obstruir las vías aéreas (dentaduras, chicles, caramelos, flemas, vómitos, etc.), además de liberar la base de la lengua que también puede obstruir el paso del aire por la faringe. Para ello se pondrá una mano en la frente, que empujará hacia abajo, y la otra en la nuca, que tirará hacia arriba, consiguiendo así estirar el cuello elevando la mandíbula y con ella la base de la lengua, volviendo de nuevo a comprobar la respiración. Esta maniobra es conocida como **hiperextensión** y se ilustra en la figura 25.



**Figura 25. Maniobra de hiperextensión [3].**

Si la respiración existe, se girará la cabeza hacia un lado y se procederá a realizar la valoración secundaria; si, por el contrario, la respiración no está presente se realizarán 2 soplos seguidos (boca a boca).

Luego de este procedimiento se debe dirigir la atención al tórax y observar si se eleva ligeramente o acercar la mejilla a la boca del paciente, de esta manera se sentirá el aire caliente que corresponde a la espiración de éste.

Si no responde se debe inclinar de nuevo la cabeza y dar dos soplos más, iniciando así la respiración de boca a boca.

#### **4.3.2.2.3.1 Respiración boca a boca**

Consiste en introducir en los pulmones de la víctima el aire contenido en nuestra boca, faringe, laringe, tráquea y bronquios antes de que quede viciado por nuestra propia respiración; es decir: el aire que aún no ha sufrido el total intercambio gaseoso en nuestros pulmones.

Para ello, hay que mantener el cuello de la víctima en extensión, pegar los labios herméticamente alrededor de la boca de la víctima mientras se pinza su nariz con los dedos índice y pulgar de la mano que se mantiene en la frente (Ver figura 26); soplar el aire con fuerza moderada durante no más de dos segundos a la vez que se mira su tórax y abdomen y nos aseguramos de que lo que sube es el tórax. Esta fuerza debe ser muy controlada en el caso de que el paciente sea un niño y más aún en el caso de lactantes.

Hay que mantener la cabeza del paciente inclinada hacia atrás y la vía respiratoria despejada de un soplo completo. Después de un minuto se debe tomar el pulso. Continuar dando un soplo completo cada cinco segundos, Si se trata de un adulto y cada tres segundos si se trata de un niño o bebé.

Con un promedio de 12 respiraciones por minuto para un adulto, 20 respiraciones para un niño y 30 a 40 para un bebé.

Estos pasos mantienen el aire fluyente dentro de los pulmones de la víctima.

Si hay pulso y no hay respiración, continuar dando respiración de salvamento hasta que se restablezca o se logre asistencia médica y NO iniciar las compresiones sobre el pecho porque es innecesario y peligroso comprimirlo, si el corazón de la víctima esta latiendo.

Si se restablece la respiración y tiene pulso, se deberá mantener la vía aérea despejada y observar permanentemente la respiración.

Si la víctima no tiene pulso ni respiración se deberá comenzar la maniobra de reanimación.

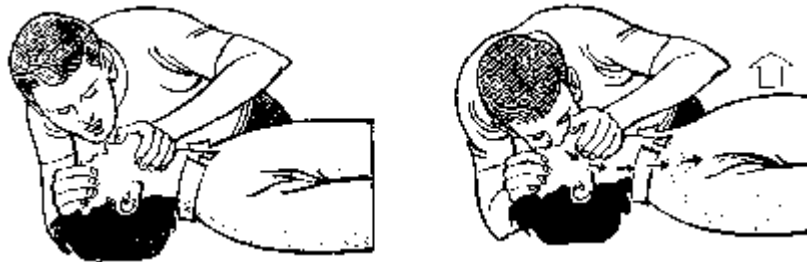


Figura 26. Respiración boca a boca [3].

#### 4.3.2.2.4 Pulso

El pulso se puede tomar en cualquier arteria superficial que pueda comprimirse contra un hueso.

Los sitios donde se puede tomar el pulso son: en la sien (temporal), en el cuello (carotídeo) (Ver figura 27), parte interna del brazo (humeral), en la muñeca (radial), parte interna del pliegue del codo (cubital), en la ingle (femoral), en el dorso del pie (pedio), en la tetilla izquierda de bebés (pulso apical).

En primeros auxilios en los sitios que se toma el pulso con mayor frecuencia es en el radial y el carotídeo.

Se localizará el pulso en cualquiera de las arterias carótidas situadas en el cuello a ambos lados de la nuez. Para ello hay que palpar con los dedos índice, medio y anular, (nunca el pulgar, porque el pulso de este dedo es más perceptible y puede llegar a confundirse con el de la víctima), y presionar hacia la nuez suavemente. Si se siente el pulso se seguirá realizando el boca a boca a ritmo de 1 sople cada 5 segundos, si por el contrario, la víctima carece de pulso se deberá comenzar con el masaje cardíaco externo.



Figura 27. Localización del pulso carotídeo [3].

#### 4.3.2.2.4.1 Masaje cardiaco externo

Consiste en comprimir el corazón entre el esternón y la columna vertebral cargando el peso del auxiliador sobre el tercio inferior del esternón de la víctima. Para localizar este punto con exactitud se sugiere que con los dedos de una de las manos se localice el borde inferior de las costillas en dirección al extremo inferior del esternón, luego se deberá medir con dos dedos hacia arriba de éste o localizar el reborde costal, y se seguirá el recorrido desde el punto de unión hasta el centro del tórax y medir dos dedos en forma transversal arriba de este punto y en este nuevo punto se colocará el talón de la mano con los dedos levantados para poner la otra mano encima y entrelazar los dedos de ambas manos (Ver figura 28).

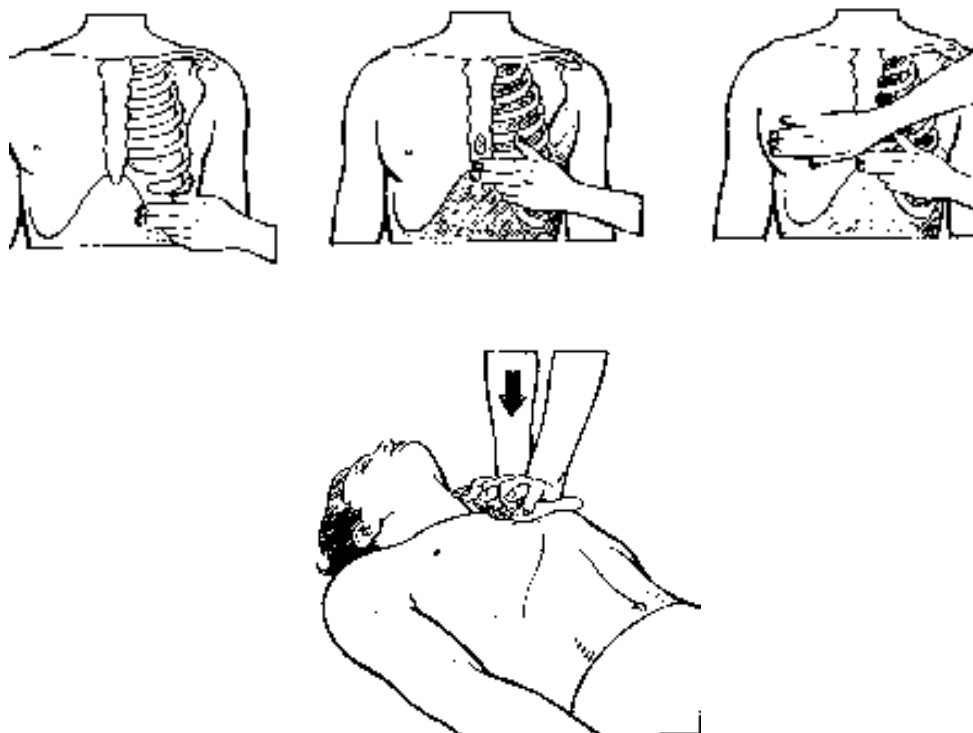


Figura 28. Pasos para localizar el punto exacto para masaje cardíaco [3].

Es en esta zona donde se realizarán las compresiones con los brazos rectos y perpendiculares al pecho de la víctima, dejando caer el peso con el fin de hacer descender el tórax unos centímetros (Ver figura 29).

Hay que tener en cuenta que no todas las personas tienen la misma consistencia en sus costillas por lo cual se recomienda hacer rápidamente una o dos presiones de tanteo para precisar la "dureza" del recorrido muerto y saber exactamente dónde comienza la verdadera presión sobre el músculo cardíaco.

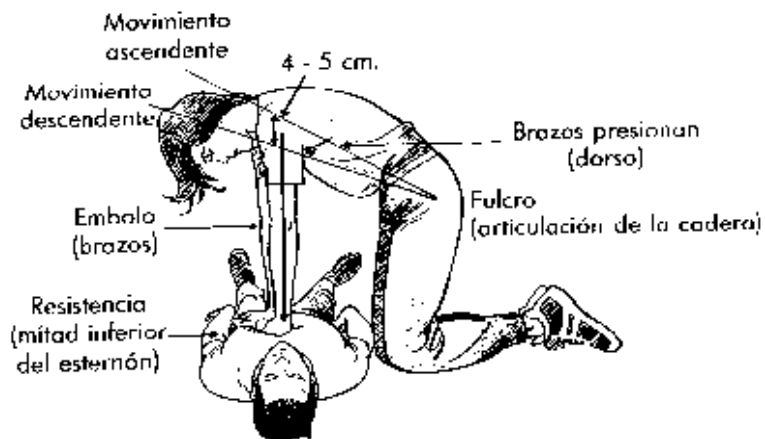


Figura 29. Postura para el RCP [3].

- Las compresiones serán secas y rítmicas (se contará...y uno... y dos... y tres... etc.), en número de 15, posteriormente se volverá a dar dos soplos rápidos y de nuevo 15 masajes externos tal y como se ilustra en la figura 30.
- Cada conjunto de 2 soplos y 15 masajes se denomina **ciclo** de reanimación con un socorrista.
- Si son dos los reanimadores, el ciclo es de 1 sople y 5 masajes.
- Consideraremos **secuencia** al conjunto de 4 ciclos completos de reanimación.

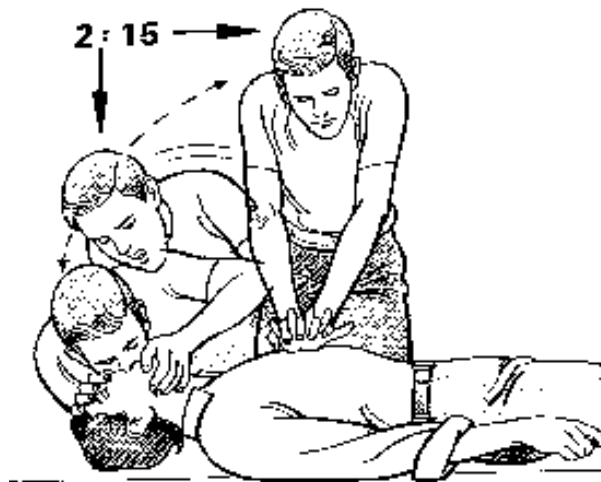


Figura 30. Secuencia del RCP [3].

#### 4.3.2.2.4.2 Finalización de la reanimación

Al finalizar cada secuencia se volverá a valorar si el pulso está presente. Si no hay pulso se seguirá realizando secuencias hasta que retorne. Cuando el pulso retorne se volverá a valorar la respiración actuando como se ha descrito anteriormente.

Se dará por finalizada la resucitación cuando:

- Otra persona sustituya al auxiliador (otro socorrista, personal de ambulancia asistencial, médico, etc.)

- Un médico certifique el fallecimiento de la víctima
- La víctima recupere las constantes vitales
- El auxiliador este agotado y no pueda continuar con la reanimación.

#### **4.3.2.3 Valoración secundaria**

Consiste en determinar el estado de la víctima mediante la localización de todas sus lesiones. Para ello se reevaluará y cuantificará su consciencia, respiración y pulso y se realizará una exploración rápida pero ordenada y concienzuda de todo su cuerpo en busca de sangre, deformidades (bultos o huecos), secreciones (sudor, heces, orina o vómitos), anormalidades en el color, temperatura y aspectos de la piel, etc.

De ser posible siempre se utilizarán guantes para tocar a una víctima para evitar contagios de nosotros hacia ella o a la inversa, aunque su aspecto parezca saludable.

Si la víctima puede colaborar, se le preguntará por sus molestias, dolores, etc, detectando cualquier problema de orientación o memoria antes de la exploración y se mantendrá una ligera conversación informativa de las maniobras que se van a realizar.

No es conveniente informar de las lesiones sufridas para evitar choques emocionales. En esta entrevista se tendrá en cuenta las características particulares de cada colectivo (niños, ancianos, discapacitados, sordos, mudos, extranjeros, etc.).

Para la exploración se utilizarán las dos manos y a la vez se observará visualmente la zona explorada. Las manos se moverán simultáneamente, a ambos lados del cuerpo aprovechando la simetría de este.

##### **4.3.2.3.1 Procedimiento para la exploración**

Es usual iniciar la exploración por la cabeza y seguirlo hacia abajo, si hubiera alguna señal de probable localización de una herida, se podrá fijar la atención en la parte sospechosa. Así, los desgarros del vestido, los pantalones empapados con sangre y otras pistas similares pueden señalar probables heridas. De todas maneras, se aconseja examinar al lesionado de arriba a abajo metódicamente, en el siguiente orden:

###### **4.3.2.3.1.1 Cara**

- **Ojos:** Se deberá levantar los párpados e inspeccionarlos cuidadosamente. El tamaño de las pupilas, su reacción a la luz y el estado de los reflejos habrán de tomarse en cuenta.
- **Nariz:** El escape de sangre o la salida de líquido claro por cada ventana nasal puede ser signo grave que sugiere fractura de la base del cráneo.
- **Oídos:** En forma análoga se puede descubrir la emisión de sangre o líquido claro (líquido cefalorraquídeo).
- **Boca:** La coloración, manchas o quemaduras podrán sugerir intoxicaciones. Es necesario abrir completamente la boca y examinarla con cuidado. Se

percibirá el olor del aliento que en algunos casos puede indicar la causa de la lesión.

#### **4.3.2.3.1.2 Cabeza**

Luego de la inspección de la cara, deben palpase suavemente los huesos de la cabeza buscando posibles traumatismos que se puedan presentar en ésta.

#### **4.3.2.3.1.3 Tórax**

Durante el examen de éste, se deberá dirigir la atención hacia los huesos que lo conforman, su simetría, su deformidad. Al proceder a la palpación de las costillas el auxiliador deberá iniciar su examen lo más cerca posible de la columna vertebral y seguir la exploración gradualmente hacia adelante hasta llegar al esternón. Evitando mover al lesionado se hará una revisión cuidadosa de la columna vertebral en todo su trayecto por medio de la palpación.

#### **4.3.2.3.1.4 Abdomen**

Se deberá inspeccionar adecuadamente esta zona, además, masas, heridas, o exposición de vísceras, a la vez que se localizan sitios dolorosos que indicarán específicamente los órganos comprometidos.

#### **4.3.2.3.1.5 Pelvis**

El examen de la pelvis debe llevarse a cabo por métodos similares a los adoptados para las costillas. Es fácil notar si los vestidos están húmedos, lo cual puede ser debido a la emisión involuntaria de heces u orina.

Si ha habido relajación de esfínteres, se sospechará lesión en la columna y se valorará la movilidad (diciendo a la víctima que mueva los dedos) y la sensibilidad (mediante pellizcos o pinchazos) de las extremidades.

#### **4.3.2.3.1.6 Extremidades**

Cada hueso de estas zonas debe ser objeto de examen, con lo cual se pondrá de manifiesto las heridas existentes. Si no hubiera signos de fractura conviene probar el movimiento de las articulaciones para excluir las dislocaciones.

También se prestará atención al color de la piel, al sudor y a la temperatura.

Posteriormente se valorará de nuevo la respiración y el pulso con el fin de conocer su frecuencia y su fuerza.

### **4.4 LESIONES EN LA PIEL Y EL SISTEMA MUSCULAR**

La piel puede resultar lesionada por múltiples causas dando lugar a varios tipos de lesión en función de la fuerza agresora y la profundidad de la lesión:

- Heridas
- Contusiones
- Quemaduras
- Impregnación de la piel con sustancias corrosivas como ácidos (Causticaciones).

#### 4.4.1 Heridas

Es toda pérdida de continuidad en la piel, secundaria a un traumatismo. Como consecuencia de la agresión de este tejido existe riesgo de infección y posibilidad de lesiones en órganos o tejidos adyacentes: músculos, nervios, vasos sanguíneos, etc.

Las heridas pueden ser graves en función de una o varias de estas características:

- Profundidad.
- Extensión.
- Localización.
- Suciedad evidente, cuerpos extraños o signos de infección.

##### 4.4.1.1 Primeros auxilios en caso de heridas leves

- Contener la hemorragia (en su caso).
- Desinfectar el material de curación.
- Limpiar la herida con agua oxigenada o con agua y jabón, del centro de la misma a la periferia. Si la herida es profunda, utilizar suero fisiológico para su limpieza.
- Si la separación de bordes es importante, la herida necesitará sutura por un facultativo. Si no es así, pincelar con un antiséptico y dejar al aire. Si sangra, colocar un vendaje compresivo (gasas sujetas con venda no muy apretada).
- Recomendar la vacunación contra el tétanos.
- NO UTILIZAR directamente sobre la herida: alcohol, algodón, yodo, polvos o pomadas con antibióticos.

##### 4.4.1.2 Primeros auxilios en caso de heridas graves

- Efectuar la evaluación inicial de la víctima.
- Controlar la hemorragia y prevenir la aparición del shock.
- Cubrir la herida con un apósito estéril y procurar el traslado en la posición adecuada, controlando las constantes vitales.
- NO extraer cuerpos extraños enclavados. Fijarlos para evitar que se muevan durante el traslado y causen nuevos daños en su interior.

#### 4.4.2 Contusiones

Es la lesión producida por la fuerza vulnerante mecánica que se produce sin romper la piel y puede producir **magulladuras o aplastamientos** u ocultar otras lesiones graves internas.

Se clasifican por su importancia en:

- **Contusión simple:** es la agresión en su grado mínimo provocando un enrojecimiento de la piel, sin mayores complicaciones, por ejemplo una bofetada.

- **Primer grado o equimosis:** es la rotura de pequeños vasos que da lugar a cúmulos de sangre que se sitúan en la dermis.
- **Segundo grado o hematoma:** la sangre, extravasada en mayor cantidad, se acumula en el tejido celular subcutáneo (chichón).
- **Tercer grado:** muerte de los tejidos profundos. Al cabo de un tiempo, los tejidos profundos de la piel mueren por falta de aporte nutritivo.

#### 4.4.2.1 Primeros auxilios en caso de contusiones

- Inmovilizar la zona afectada y elevarla.
- Aplicar frío local mediante compresas de agua fría o hielo (envuelto en un paño o bolsa para que no toque directamente la piel) para conseguir vasoconstricción o cerramiento de los vasos sanguíneos y congelación (anestesia) de las terminaciones nerviosas del dolor.
- NO pinchar los hematomas.
- Valorar por personal facultativo, ya que suelen ocultar bajo ellas, en ocasiones, lesiones importantes internas que pueden pasar desapercibidas.

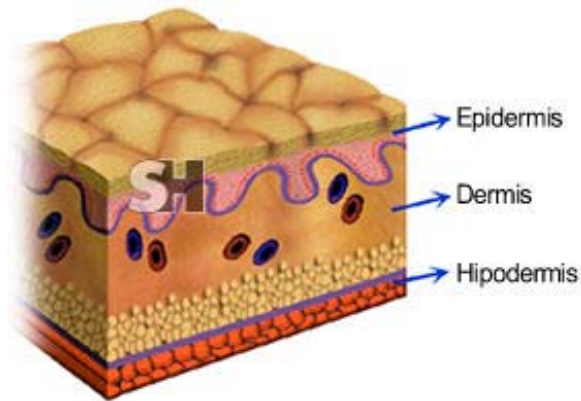
#### 4.4.3 Quemaduras

Las quemaduras en la piel son lesiones que suceden de manera intempestiva y pueden llegar a producir deformidades, mal funcionamiento de la región afectada o muerte por complicaciones como deshidratación e infecciones.

Es importante que la víctima y el auxiliador, antes de iniciar los primeros auxilios pertinentes, consideren la localización, extensión, profundidad y severidad de la quemadura, así como síntomas asociados: inhalación de gases, deshidratación severa o estado de choque (presión sanguínea baja, pérdida de la conciencia) que pueden poner en peligro la vida de la persona.

Ante la presencia de quemaduras graves es mejor acudir de manera rápida a un centro asistencial para que se inicie de forma temprana un manejo adecuado de las mismas, disminuyendo así la posibilidad de sufrir a largo plazo incapacidades o deformidades de la región quemada. Los objetos calientes, los químicos y la electricidad pueden producir quemaduras, las cuales afectan a su vez, cualquiera de las capas de la piel (Ver figura 31):

- **Epidermis:** Es la capa más superficial de la piel.
- **Dermis:** Está por debajo de la anterior; en ella se encuentran las glándulas sudoríparas y sebáceas, así como la raíz del pelo.
- **Hipodermis:** Es la capa más profunda de la piel y en ella se encuentran los vasos sanguíneos que nutren toda la piel.



**Figura 31. Piel normal [9].**

Según la extensión y profundidad de la lesión, se determinará su severidad y posterior tratamiento. Las quemaduras de piel se clasifican en tres grados (Ver figura 32).

- Las de primer grado son lesiones menos severas que afectan sólo la capa superficial de la piel (epidermis), causando dolor, enrojecimiento e hinchazón de la región quemada.
- Las quemaduras de segundo grado, afectan tanto a la capa superficial de la piel como la intermedia (dermis) produciendo además de dolor, enrojecimiento e hinchazón, ampollas localizadas en la región afectada.
- Las lesiones de tercer grado, causan daños más severos en la piel y órganos cercanos, al afectar las tres capas de la piel, observándose luego una piel carbonizada y no dolorosa al tacto, por la destrucción de terminaciones nerviosas.



**Figura 32. Clasificación de las quemaduras en la piel [9].**

Una forma rápida de calcular la superficie quemada, consiste en utilizar como unidad de medida la palma de la mano de la víctima, que equivale al 1% de su superficie corporal, para mayor ampliación al respecto véase la figura 33.

Se Considerará grave a toda aquella quemadura que afecte a más del 1% de la superficie corporal, excepto si es de primer grado.

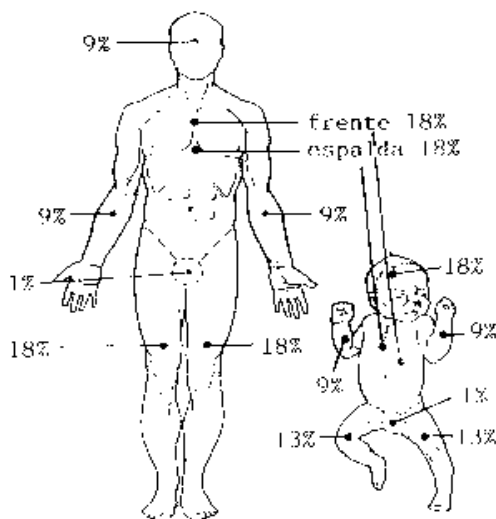


Figura 33. Equivalencia de la superficie corporal [9].

Es importante tener en cuenta que muchos de las víctimas de incendios o de situaciones donde ocurre inhalación de aire caliente o humo pueden presentar también quemaduras en la vía aérea, manifestándose con dificultad respiratoria y tos con expectoración de moco teñido de carbón, síntomas que deben ser manejados rápidamente con altos niveles de oxígeno.

#### 4.4.3.1 Primeros auxilios en caso de quemaduras

- Valorar el estado general de la víctima (evaluación inicial) y asegurar las constantes vitales.
- Enfriar la quemadura inmediatamente, poniendo la zona afectada bajo un chorro de agua fría, por lo menos durante 10 minutos o incluso más, si no desaparece el dolor. En caso de quemaduras químicas, ampliar el intervalo a 15 ó 20 minutos bajo el chorro de agua abundante.
- Cubrir la zona afectada con apósitos estériles o en su defecto muy limpios (sábanas, fundas de almohadas, etc.) y humedecidos.
- NO aplicar cremas, pomadas o cualquier otro medicamento o producto.
- NO quitar, como norma general, la ropa a la víctima, sobre todo si está adherida a la piel. Solamente se quitará la ropa en caso de que esté impregnada en productos cáusticos o hirvientes.
- NO dar nada de beber. Si tiene sed, humedecer sus labios.
- NO pinchar las ampollas.
- Retirar los anillos, relojes, pulseras, etc.

- Si la persona está ardiendo, impedir que corra. Apagar las llamas cubriéndola con una manta o similar, o haciéndola rodar en el suelo.
- Si la quemadura es extensa, prevenir la aparición del shock.

#### **4.4.3.2 Quemaduras eléctricas**

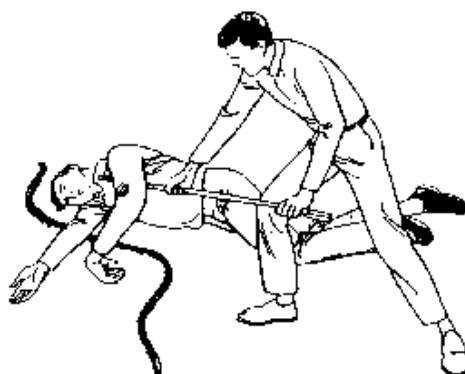
La corriente eléctrica, sea generada artificialmente o natural (rayos), ocasiona lesiones muy diversas que van desde quemaduras pequeñas hasta traumatismos múltiples y la muerte.

También suele producir graves lesiones en el sistema nervioso, inhibiendo o "interfiriendo" en el sistema nervioso vegetativo, provocando un paro respiratorio y cardíaco, de persistir la corriente.

Tipos de lesiones:

- Quemaduras superficiales por calor y llamas.
- Quemaduras por arco o fognazo.
- Quemaduras llamadas propiamente eléctricas por la acción de la corriente a través del organismo ya que lesionan planos más profundos y a menudo destruye músculos y altera órganos internos, llegando incluso a producir paros cardiorespiratorios e incluso la muerte.

##### **4.4.3.2.1 primeros auxilios en caso de electrocución**



**Figura 34. Procedimiento ante electrocución [3].**

- Desconectar la corriente antes de tocar a la víctima.
- Si esto no es posible, aislarnos con palos, cuerdas, etc. sin tocar a la víctima directamente (Ver figura 34).
- No emplear objetos metálicos.
- Comprobar las constantes vitales e iniciar la reanimación cardiopulmonar "RCP". Si es necesario, incluso durante varias horas, por lo que habrá que prever turnos.
- Cubrir la zona afectada (orificios de entrada y salida).
- Trasladar la víctima al hospital aunque las lesiones sean mínimas ya que pueden aparecer alteraciones tardías.

#### 4.4.4 Causticación

Es la impregnación de la piel con sustancias corrosivas como ácidos, productos químicos, etc.

##### 4.4.4.1 Primeros auxilios en caso de causticación

- Retirar la ropa impregnada.
- Arrastrar el corrosivo con abundante agua.
- Tratar después como el resto de las quemaduras: cubrir y trasladar.

##### 4.4.4.2 Si la causticación se produce en los ojos

- Lavar con agua abundante durante un mínimo de 20 minutos.
- Cubrir ambos ojos.
- Trasladar urgentemente a un centro especializado.

#### 4.5 LESIONES EN EL APARATO LOCOMOTOR

El aparato locomotor está compuesto por el **sistema osteoarticular** que está formado por los **huesos**, sus **articulaciones** y los **ligamentos** y el **sistema muscular** que está formado por los **músculos** y los **tendones**, que los unen a los huesos.

El aparato locomotor puede resultar lesionado, debido a la agresión que sufre el organismo a consecuencia de la acción de agentes físicos o mecánicos ocasionando un traumatismo.

Los traumatismos, según la zona afectada se clasifican en:

- **Heridas:** Generalmente afectan a la piel y al músculo (*Ver lesiones en la piel y el sistema muscular*).
- **Traumatismos articulares:** afectan las articulaciones.
  - **Esguinces.**
  - **Luxaciones.**
- **Traumatismos óseos:** afectan al hueso.
  - **Fracturas:**
    - Múltiples.
    - Abiertas.
    - Cerradas.
    - Alineadas.
    - Desplazadas.

##### 4.5.1 Los traumatismos articulares

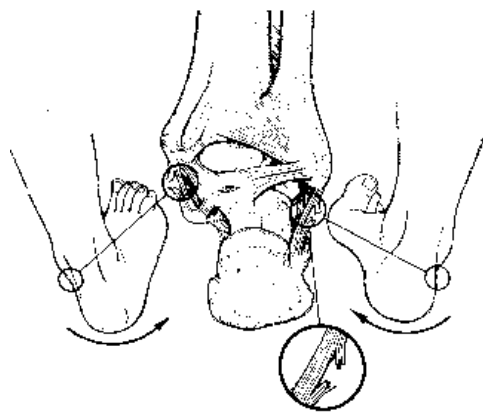
Evidentemente son los traumatismos que provocan lesiones en las articulaciones óseas o en los elementos que las componen:

#### **4.5.1.1 Esguince**

Es la separación momentánea de las superficies articulares, que producen la distensión de los ligamentos (Ver figura 35).

Se caracterizan por:

- Dolor intenso.
- Inflamación de la zona.
- Impotencia funcional más o menos manifiesta; imposibilidad de realizar movimientos habituales de esa articulación.



**Figura 35. Esguince de tobillo [3].**

##### **4.5.1.1.1 Primeros auxilios en caso de esguince**

- Inmovilizar la articulación afectada mediante un vendaje compresivo.
- Elevar el miembro afectado y mantenerlo en reposo.
- Aplicar frío local.
- Trasladar a la víctima a un centro asistencial.
- Valoración de la lesión por personal facultativo.

##### **4.5.1.2 Luxación**

Es la separación permanente de las superficies articulares.

Sus síntomas son:

- Dolor muy agudo.
- Deformidad (comparar con el miembro sano), debida a la pérdida de las relaciones normales de la articulación.
- Impotencia funcional muy manifiesta.

##### **4.5.1.2.1 Primeros auxilios en caso de luxaciones**

- Inmovilizar la articulación afectada tal y como se encuentre.
- NO reducir la luxación.

- Trasladar a la víctima a un centro asistencial para su reducción y tratamiento definitivo por personal facultativo.

#### 4.5.2 Traumatismos óseos

##### 4.5.2.1 Fractura

Es la pérdida de continuidad en el hueso. Es importante tener en cuenta algunos factores:

- **Según su gravedad:**

- **Cerradas:** la piel permanece intacta (no hay herida).
- **Abiertas:** originan rotura de la piel (hay herida próxima al foco de la fractura) (Ver figura 36).

- **De cara a su posterior inmovilización:**

- **Alineadas:** los fragmentos óseos no se han movido.
- **Desplazadas:** los fragmentos óseos se desvían por las tensiones musculares.

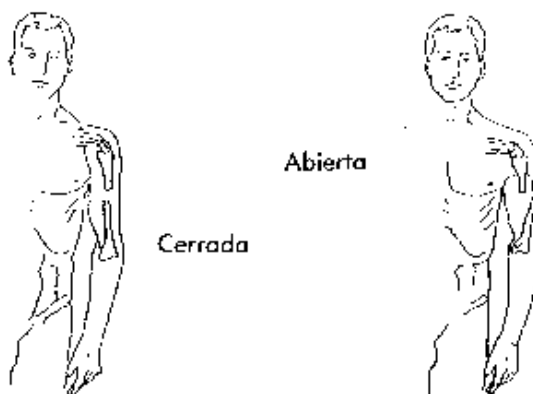


Figura 36. Tipos de fractura según su gravedad [3].

Síntomas de las fracturas:

- Dolor que aumenta con la movilización de la zona.
- Deformidad, desdibujo (según el grado de desviación de los fragmentos), acortamiento, etc.
- Inflamación y amoratamiento.
- Impotencia funcional acusada.

##### 4.5.2.1.1 Primeros auxilios en caso de fracturas

- NO movilizar al accidentado si no es absolutamente necesario (riesgo de incendio, etc.) para evitar agravar la fractura.
- Retirar anillos, pulseras y relojes (en caso de afectar la extremidad superior).
- Explorar la movilidad, sensibilidad y pulso dístales.

- Inmovilizar el foco de la fractura (sin reducirla), incluyendo las articulaciones adyacentes, con férulas rígidas, evitando siempre movimientos bruscos de la zona afectada o moviéndola, de ser necesario, en bloque y bajo tracción.
- Trasladar a la víctima a un centro asistencial para su tratamiento definitivo, con las extremidades elevadas (si han sido afectadas), una vez inmovilizadas.
- Cubrir la herida con apósitos estériles en el caso de fracturas abiertas, antes de proceder a su inmovilización y cohibir la hemorragia (en su caso).

#### **4.5.3 Traumatismo de cráneo y cara**

Son especialmente importantes, ya que dependiendo de su intensidad, pueden afectar al Sistema Nervioso Central localizado en la cavidad craneal.

Síntomas:

- Alteración del estado de consciencia
- Salida de sangre o líquido transparente (cefalorraquídeo) por los orificios naturales (oídos, nariz).
- Aparición de hematomas periorbitarios o en apófisis mastoides.
- Alteraciones en el tamaño y simetría de las pupilas.
- Presencia de vómitos.
- Dolores de cabeza.

##### **4.5.3.1 Primeros auxilios en caso de traumatismo de cráneo y cara**

- Manipular con sumo cuidado a la víctima, manteniendo en bloque el eje cabeza-cuello-tronco.
- Mantener la permeabilidad de la vía aérea, con control de la columna cervical.
- Vigilar las constantes vitales con frecuencia.
- Trasladar urgentemente a la víctima a un centro asistencial en posición lateral de seguridad, si la víctima está inconsciente (esta maniobra requiere mucha destreza y hay que realizarla entre varias personas).

#### **4.5.4 Traumatismos de la columna vertebral**

Son lesiones traumáticas que afectan a uno o varios de los huesos o articulaciones que componen la columna vertebral implicando a la médula espinal.

Los mecanismos de producción más frecuentes son:

- Caídas sobre los pies desde gran altura.
- Caídas sobre los glúteos o sentado.
- Golpes directos sobre la columna vertebral.
- Movimientos violentos del cuello ("latigazo").

Su importancia radica en que pueden originar la compresión (parcial o total) de la médula espinal.

Síntomas de la fractura:

- Dolor de nuca, hombros, espalda (según localización de la lesión).
- Deformidad. (Difícil de apreciar).
- Contractura muscular.

Síntomas de la lesión medular

- Imposibilidad de mover uno o varios miembros, (explorar).
- Falta (parcial o total) de sensibilidad en uno o varios miembros, (explorarlo).
- Hormigueos o picores en los dedos (manos y/o pies).
- Incontinencia de esfínteres (heces, orina).
- Falta de reflejos.

#### **4.5.4.1 Primeros auxilios en caso de traumatismo de columna**

- NO mover al paciente; en caso de ser necesario, mantener en bloque el eje cabeza-cuello-tronco (esta maniobra requiere muchísima experiencia y debe realizarse entre varias personas).
- Inmovilizar a la víctima antes de proceder a su traslado.
- Trasladar sobre una superficie rígida y plana.
- Vigilar las constantes vitales periódicamente.
- Trasladar urgente a la víctima a un centro asistencial manteniendo en bloque el eje cabeza-cuello-tronco.

#### **4.6 LESIONES DEL SISTEMA CIRCULATORIO**

El funcionamiento cardíaco es perceptible mediante la auscultación o el pulso en algunas arterias superficiales, como en la carótida y femoral (**pulso central**), o en las arterias radiales, humeral, pedia, etc. (**pulso distal**)

##### **4.6.1 Paro cardíaco**

Si el corazón se para, no se detectará sonido en la auscultación, la circulación de la sangre se habrá detenido y no se percibirá pulso. La vida de la persona se extinguirá en breves minutos, por lo que se deberá realizar la reanimación cardíaca o masaje cardíaco externo. Su tratamiento se desarrolla en la Reanimación Cardiopulmonar (RCP).

Causas que pueden producir un paro cardíaco:

- Lesiones
- Enfermedades
- Intoxicaciones, etc.

Algunas lesiones pueden afectar directa o indirectamente la funcionalidad cardíaca:

- Fuertes traumatismos en la zona precordial.
- Aplastamiento de la caja torácica.
- La acción de la electricidad.

Entre las enfermedades, la más frecuente es el infarto de miocardio, que se produce al interrumpirse la circulación en el sistema coronario que irriga al propio músculo cardíaco.

Los tóxicos que pueden inhibir la función cardíaca de forma directa o indirecta son muy variados: barbitúricos, alcohol, nicotina, picaduras de insectos o mordeduras de animales venenosos, reacciones alérgicas por medicamentos, etc.

Síntomas del paro cardíaco:

- Pérdida de conocimiento.
- Hipotonía muscular.
- Respiración jadeante que pasa en breves minutos a apnea.
- No se escuchan sonidos cardíacos ni existen pulsos periféricos.
- Palidez.
- Midriasis o pupilas dilatadas permanentemente.

#### **4.6.2 Hemorragias**

La hemorragia es la salida de sangre de los vasos sanguíneos como consecuencia de la rotura de los mismos.

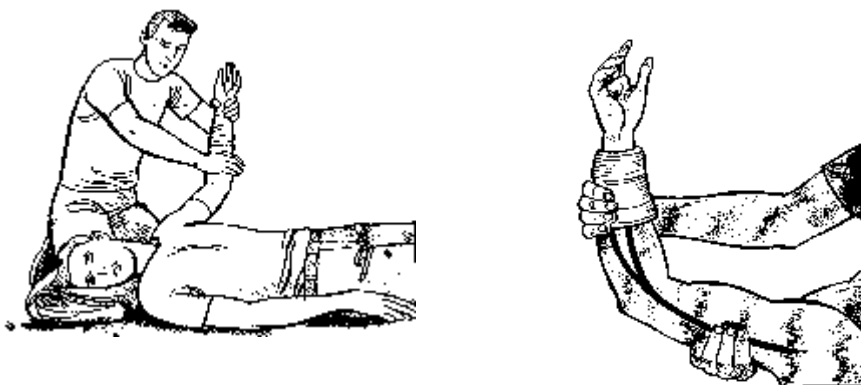
Las hemorragias se clasifican:

- **Según su naturaleza:**
  - Externas.
  - Internas.
  - Orificios naturales.
- **Según su procedencia:**
  - **Arteriales:** color rojo vivo, sale a borbotones.
  - **Venosas:** color rojo oscuro, sale de forma continua.
  - **Capilares:** sale lenta y uniformemente.
- **La gravedad de la hemorragia depende de:**
  - La velocidad con que se pierde la sangre.
  - El volumen sanguíneo perdido.
  - La edad de la víctima, estado psíquico, etc.

##### **4.6.2.1 Primeros auxilios en caso de hemorragias externas**

- Asegurar la permeabilidad de las vías aéreas.

- Valorar la respiración y circulación.
- Aconsejar y ayudar a tumbar a la víctima en prevención de lipotimia.
- Ejercer presión directa en la herida con apósitos (Ver figura 37).
- Elevar el miembro afectado.
- Si no cesa la hemorragia, aplicar compresión arterial.
- En último extremo aplicar torniquete, con indicación de la hora de aplicación.
- Prevenir el shock hemorrágico o hipovolémico.



**Figura 37. Primeros auxilios en caso de hemorragias externas [9].**

#### **4.6.2.1.1 Torniquete**

Es una maniobra encaminada a detener una hemorragia aguda, que no puede ser contenida por el sistema convencional, mediante la compresión de todos los vasos sanguíneos en una zona circular próxima.

Es útil en amputaciones traumáticas de las extremidades, aplastamientos prolongados o cuando han fracasado las medidas convencionales, pero implica algunos riesgos como: gangrena, muerte por autointoxicación.

El torniquete ha de aplicarse entre la herida y el corazón. Una vez aplicado, debe quitarse sólo en presencia de un facultativo. Para ello no debe emplearse cuerdas, alambre u otros objetos finos que puedan "cortar" al comprimir; lo usual es utilizar un pañuelo triangular plegado o algo similar con suficiente anchura (5 cm. aproximadamente.).

Es muy importante reflejar en un papel grande prendido a la víctima o escribiendo directamente en la piel, preferentemente en la frente (el sudor puede borrar algunas tintas), la hora y la localización del torniquete y debe procurarse mantenerlo a la vista no ocultándolo con ropa u otros objetos.

#### **4.6.2.2 Primeros auxilios en caso de hemorragias internas**

- Asegurar la permeabilidad de las vías aéreas.
- Valorar la respiración y circulación.
- Prevenir y tratar el shock hemorrágico (ó hipovolémico).

- Trasladar urgentemente a la víctima a un centro asistencial, en posición antishock, vigilando las constantes vitales.
- Evitar pérdida de calor en la víctima.

#### **4.6.2.3 Primeros auxilios en caso de hemorragias por orificios naturales**

##### **4.6.2.3.1 Otorragia**

Es la salida de sangre por el oído.

- Colocar a la víctima en posición lateral de seguridad sobre el oído sangrante.
- Almohadillado bajo la cabeza.
- NO taponar
- Trasladar urgentemente a la víctima a un centro asistencial en posición lateral de seguridad, sobre el oído sangrante, y correctamente inmovilizado.

##### **4.6.2.3.2 Epíxtasis**

Es la salida de sangre por la nariz.

- Ejercer compresión manual en la fosa sangrante.
- Taponar la fosa mediante una gasa empapada en agua oxigenada.
- Trasladar urgentemente a la víctima a un centro asistencial para valoración facultativa.

Tras un fuerte traumatismo en la cabeza, puede haber signos de hemorragia por la nariz, por un oído o ambos; formarse un cúmulo de sangre o líquido transparente en las zonas alrededor de los ojos o algunos de estos signos simultáneamente. Si esto ocurre, no confundir con hemorragias aisladas. Esto es más grave: puede tratarse de una fractura de cráneo.

##### **4.6.2.3.3 Hemoptisis**

Es la salida de sangre por la boca procedente del aparato respiratorio; tos, sangre roja mezclada con esputo.

- Aplicar frío local.
- Colocar a la víctima en posición decúbito supino (boca arriba) semisentado.
- Valorar la presencia de síntomas de shock hemorrágico.
- Guardar muestra del esputo para una valoración.
- Trasladar urgentemente a la víctima a un centro asistencial para valoración facultativa

##### **4.6.2.3.4 Hematémesis**

Es la salida de sangre por la boca procedente del aparato digestivo; vómitos mezclados con sangre digerida (similar a posos de café).

- Aplicar frío local.

- Colocar a la víctima en posición lateral de seguridad o decúbito supino (boca arriba), con ambas rodillas flexionadas.
- Valorar la presencia de síntomas de shock hemorrágico.
- Trasladar urgentemente a la víctima a un centro asistencial, con una muestra del vómito para valoración facultativa.

#### **4.6.2.3.5 Melenas**

Es la salida de sangre por el ano de color negruzco, maloliente, mezclada con heces.

- Colocar a la víctima en posición semisentado y las piernas flexionadas, para evitar el retroceso de la sangre hacia el aparato digestivo.
- Trasladar urgentemente a la víctima a un centro asistencial.

#### **4.6.2.3.6 Hematuria**

Es la salida de sangre con la orina.

- Trasladar a un centro asistencial para su valoración.

### **4.6.3 Shock hipovolémico**

Es un estado clínico en el cual la cantidad de sangre que llega a las células es insuficiente o inadecuada para que puedan realizar su función normal.

Los síntomas son:

- Palidez, piel fría y húmeda.
- Desasosiego, sed.
- Pulso débil y rápido.
- Respiración lenta y profunda, a veces ruidosa.
- Obnubilación.
- Y, de persistir, desencadena en coma.

#### **4.6.3.1 Primeros auxilios ante un shock hipovolémico**

- Aflojar las ropas u objetos que opriman su cuello, pecho o cintura.
- Colocar a la víctima en posición antishock, tumbado sobre la espalda con las piernas elevadas no más de 45° tal y como se muestra en la figura 38.
- Evitar pérdidas de calor.
- Insistir en el control de la hemorragia.
- Trasladar urgentemente a la víctima a un centro asistencial, vigilando las constantes vitales.



**Figura 38. Posición antishock [3].**

## **4.7 BOTIQUÍN**

El botiquín es el lugar idóneo para guardar los diversos materiales utilizados en casos de primeros auxilios, pero sus características y contenido dependen del uso (hogar, vehículo, etc.) y de la capacidad de la persona que lo va a usar.

Para evitar que se alteren los medicamentos, se debe procurar que las botellas y cajas estén bien cerradas y guardadas en sitio seco, fresco y oscuro.

Hay que desechar del botiquín los medicamentos antiguos y los que hayan cambiado el color o su consistencia o aparezcan turbios. En especial desechar el yodo, gotas para los ojos (colirios), soluciones para el lavado de ojos, gotas para la nariz, jarabes para resfriados y pomadas que estén vencidos.

Se recomienda que el botiquín no tenga cerradura, para evitar la angustia de buscar la llave cuando los minutos cuentan. Hay que colocarlo, fuera del alcance de los niños.

### **4.7.1 Contenido**

- Vendas 5 m x 5 cm
- Vendas 5 m x 10 cm
- Vendaje triangular.
- Compresas oculares.
- Compresas de gasa estéril pequeñas.
- Compresas de gasa grandes 50 cm x 100 cm
- Compresas no adherentes.
- Venda elástica.
- Esparadrapo.
- Tiras adhesivas.
- Algodón.
- Tijeras, pinzas.
- Entablillado.
- Alcohol de 90°
- Aspirina o similar.
- Jeringas estériles de un solo uso.
- Cinta de goma.

- Termómetro.
- Bicarbonato.
- Compresa fría instantánea.
- Tubo de vaselina.
- Tintura de yodo.
- Mercurocromo o tintura de mertiolate.
- Agua oxigenada o solución antiséptica tipo "betadine".
- Crema antiséptica tipo "Bacitracina".
- Crema de hidrocortisona, para picaduras e inflamaciones locales.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES**

Como parte final del presente documento se presenta un conjunto de conclusiones sobre los aspectos tratados en el transcurso del presente trabajo de proyecto de grado y que se consideran trascendentales dentro del tema de seguridad eléctrica en el manejo de la energía eléctrica a través de la técnica de trabajo denominada línea viva.

- El personal destinado a laborar sobre equipos y sistemas energizados o en caliente, deberá cumplir con los mínimos requisitos cognoscitivos, físicos y psicológicos que le permitan realizar las labores encomendadas dentro de los procesos de trabajo estipulados, de una manera tal que favorezca a la optimización de las actividades y la seguridad de sí mismo y de cada miembro de su equipo.
- Toda empresa del sector eléctrico que realice labores sobre equipos y sistemas energizados siendo consiente de los beneficios económicos obtenidos por ello, debe emplear los recursos necesarios para brindar a sus trabajadores los medios que les permitan realizar sus trabajos de manera adecuada y segura, en la forma de equipos de protección personal y formación en prácticas y procedimientos de trabajo a la luz de la normativa de seguridad existente.
- Cada trabajo a realizarse sobre equipos y/o sistemas energizados deberá planearse con el fin de determinar los riesgos a los que los trabajadores implicados serán expuestos de tal forma que se puedan tomar oportunamente las medidas necesarias para minimizarlos o si es posible reducirlos por completo.
- Todo trabajo que involucre la electricidad y los riesgos asociados a ella deberá realizarse únicamente por personal calificado y debidamente entrenado, y es responsabilidad de la empresa establecer y brindar los medios de control para limitar o restringir el acceso del personal que no esté en capacidad de identificar los peligros dentro de las instalaciones de la empresa o en el sitio en que se lleva a cabo cada trabajo.
- Como parte del proceso de formación que cada empresa del sector eléctrico colombiano debe proporcionar al personal que intervenga equipos y/o sistemas en presencia de tensión, se deben programar jornadas de entrenamiento en lapsos de tiempo que no excedan a un año y que permitan solucionar las dudas que puedan tener los diferentes miembros del equipo de trabajo, con respecto a procedimientos adecuados, a prácticas de trabajo seguro y al cuidado y buen manejo de los elementos de protección personal y de estructuras de soporte de las líneas de transmisión y redes de distribución al ser considerados como la primera línea de defensa contra contactos accidentales, además se hace necesario presentar ejemplos claros y concisos de los efectos que pueden generar en cada operario la omisión de las

consideraciones sobre seguridad en el manejo de la energía eléctrica con el fin de crear conciencia sobre la importancia de efectuar las tareas de una manera correcta en la que no se sacrifique la seguridad del trabajador por ningún otro interés.

- Es un deber de cada empresa del sector eléctrico que realice trabajos con equipo o sistemas energizados, elaborar o adoptar un manual de seguridad existente que permita establecer claramente los procedimientos de trabajo seguro y darlo a conocer a todo el personal que se vaya a ver involucrado en tales procesos, de manera directa e indirecta, mientras se evalúa su correcto entendimiento con el fin de constatar que los objetivos buscados con esto se alcancen.
- Es responsabilidad de la empresa definir dentro de su reglamentación interna el conjunto de acciones prohibidas mientras se efectúa un trabajo en presencia de energía eléctrica con el fin de brindar una perspectiva clara al trabajador de la forma en que debe interactuar con los elementos destinados a su protección y con sus compañeros de trabajo.
- Es de gran importancia instruir al personal sobre la correcta selección, de los equipos de protección, herramientas en línea viva y vestimenta de trabajo con el fin de evitar los riesgos que puede acarrear la omisión de las consideraciones que se deben tener con respecto a estos elementos que buscan proteger y preservar la integridad física y emocional del trabajador.
- No hay que olvidar que un factor decisivo para la conservación de las propiedades aislantes y las características de diseño del equipo de protección flexible es su correcto almacenamiento, de ahí que se recomienda ser cuidadosos y estrictos con las consideraciones que se deben tener sobre ello.
- Debido a que los riesgos de accidente están enteramente ligados a la condición humana deerrar, ya sea por motivos de descuido o de negligencia, es necesario que el personal que va a laborar sobre equipos y/o sistemas energizados posea conocimientos sobre cómo debe actuar ante situaciones de emergencia con el fin de preservar y contribuir a su bienestar físico y psicológico y al de su equipo de trabajo en general, en la forma de procedimientos de primeros auxilios.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Carrillo Caicedo, G., Román Ubeda, J., Rivier Abbad, J., Vicente Ramírez, S., "Metodología coste - beneficio aplicada a las instalaciones de equipos de localización y seccionamiento del tramo con avería en redes de distribución",** Actas de las 3<sup>ras</sup> jornadas hispano-lusas de ingeniería eléctrica. Tomo 3, páginas 789-796. Barcelona. Julio 1993.
- [2] **Comisión nacional de seguridad industrial del sector eléctrico, "Código de seguridad del sector eléctrico colombiano",** Santa Fé de Bogotá, D.C., 1982.
- [3] **Echeverry López Wilmar, "Manual de primeros auxilios",** 1997.  
<http://www.monografias.com/primerosauxilios/manual.html>
- [4] **Ejemplos en fotos de quemaduras eléctricas y otras lesiones**  
<http://www.ertoolsosha.com/quemaduras&otraslesiones>
- [5] **Electrificadora de Santander S.A. E.S.P., "Norma de seguridad en línea viva",** Bucaramanga, 1995.
- [6] **Empresa Transmisora del Salvador (ETESAL), "Reglamento de seguridad industrial y salud ocupacional del Salvador",** El salvador. Enero de 2000, 43 p.
- [7] **Facultad de Física. Universidad de Barcelona, "Seguridad eléctrica: efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano",** Barcelona.  
<http://www.energuia.com>
- [8] **Hernández, Luís Martín, "Campos electromagnéticos: Contaminación invisible",** Conferencia ofrecida en el Centro Cívico de Galapagar. 2001.  
<http://www.ccgapagar.com/conferenc%&conv/2001/luishernandez>
- [9] **Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, "Manual para la prevención de riesgos eléctricos". 2001**  
<http://www.hst.com/guia%tecnica/manual/desc>
- [10] **Mesa Fernández, M. "Procedimientos, materiales, equipos y seguridad industrial en el mantenimiento de redes aéreas energizadas de media tensión",** Monografía para optar al título de Ingeniero Electricista, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga 2002.

- [11] **National Fire Protection Association, "NFPA 70E, Standard for Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces"**, New Orleans. 1999, 101 p.
- [12] **U.S.A. Department of Defense, "O&M: SAFETY OF ELECTRICAL TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEMS"**, Washington, D.C. 20585. January 2004, 187 p.
- [13] **U.S.A. Department of Energy, "Electrical Safety Handbook"**, Washington, D.C. 20585. December 2004, 275 p.  
<http://www.eh.doe.gov/techstds/standard/hdbk1092/hdbk10922004.pdf>

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### RESUMEN DE LAS CONSIDERACIONES TENIDAS EN CUENTA POR LA NORMATIVA ESTUDIADA SOBRE SEGURIDAD EN EL MANEJO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

ITEM	<i>NFP A 70E</i>	<i>Código de Seguridad Eléctrica del Departamento de Energía de U.S.A.</i>	<i>Código O&amp;M de Seguridad para Sistemas de Transmisión y Distribución de U.S.A.</i>	<i>Reglamento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional del Salvador</i>	<i>Código de seguridad del sector eléctrico colombiano</i>	<i>Norma de seguridad en línea viva de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P.</i>
<b>4.3 CONSIDERACIONES SOBRE EL PERSONAL DESIGNADO PARA REALIZAR LABORES EN LÍNEA VIVA</b>	X	X	X	X	X	X
<b>4.3.1 Requisitos Para la selección y preselección del personal</b>					X	
<b>4.3.2 Requisitos para el ingreso</b>					X	
<b>4.3.3 Requisitos para la promoción de personal</b>					X	
<b>4.3.4 Certificación de los trabajadores</b>					X	
<b>4.3.5 Entrenamiento y calificación de trabajadores expertos</b>	X	X	X	X	X	X
<b>4.3.5.1 Tipo de entrenamiento</b>	X	X	X	X	X	X
<b>4.3.5.2 Aspectos que debe contemplar el entrenamiento</b>	X	X	X	X		
<b>4.3.5.3 trabajador calificado</b>	X	X	X	X	X	X
<b>4.3.5.4 Frecuencia de los entrenamientos</b>	X	X		X	X	
<b>4.4 CONSIDERACIONES CON RESPECTO A LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGURO</b>	X	X	X	X	X	X

<b>4.4.1 Revisión del lugar de trabajo</b>		X				X
<b>4.4.1.1 Inspección de la red</b>		X		X		X
<b>4.4.2 Señalización del área de trabajo</b>			X	X		X
<b>4.4.3 Alistamiento de equipo y materiales</b>	X	X	X	X	X	X
<b>4.4.4 Verificación del equipo de protección</b>	X	X	X	X	X	X
<b>4.4.5 Comunicación con centro de despacho</b>					X	X
<b>4.4.6 Reunión previa a la iniciación de los trabajos</b>	X	X	X	X		X
<b>4.5 PRÁCTICAS DE TRABAJO SEGURO</b>						
<b>4.5.1. Precauciones al trabajar con equipo y líneas energizadas</b>	X	X	X	X	X	X
<b>4.5.2 Tendido y desplazamiento de conductores en contigüidad a líneas energizadas</b>		X	X	X		X
<b>4.5.3 Número de trabajadores calificados por exposición a peligros</b>		X	X			
<b>4.5.4 Procedimientos para el cubrimiento de zonas energizadas</b>	X	X	X			X
<b>4.5.5 Porte de artículos metálicos</b>	X	X				X
<b>4.5.6 Aproximación con poca visibilidad</b>	X	X				
<b>4.5.7 Trabajos en una sola fase</b>		X	X	X	X	X
<b>4.5.8 Normas para trabajos aéreos</b>						
<b>4.5.8.1 Ascenso y descenso de material</b>		X		X		
<b>4.5.8.2 Consideraciones sobre el escalamiento de estructuras</b>		X	X	X		X
<b>4.5.8.3 Trabajos sobre conductores energizados</b>					X	

<b>4.5.8.4</b> Procedimientos de trabajo		X				
<b>4.5.9</b> Condiciones ambientales		X			X	X
<b>4.5.10</b> Acciones prohibidas mientras se trabaja	X		X	X		X
<b>4.5.10.1</b> Hacer bromas			X	X		X
<b>4.5.10.2</b> Ser descuidados			X			X
<b>4.5.10.3</b> Consumir alcohol, tóxicos o drogas			X	X		X
<b>4.5.10.4</b> Trabajar enfermo o bajo estrés emocional	X					X
<b>4.6 ACCIONES Y CONDICIONES SIGNIFICATIVAMENTE INSEGURAS</b>	X	X	X	X	X	X
<b>4.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL "PPE" Y HERRAMIENTAS PARA TRABAJOS EN LÍNEA VIVA</b>						
<b>4.7.1</b> Requisitos para la selección de equipo de protección personal "PPE" y herramientas para trabajos en línea viva			X		X	X
<b>4.7.2</b> Inspección y prueba del equipo de protección personal		X	X		X	X
<b>4.7.3</b> Protección de la cabeza	X	X		X		
<b>4.7.4</b> Protección de los ojos	X	X		X		X
<b>4.7.5</b> Protección del cuerpo	X					
<b>4.7.5.1</b> Características de la ropa para protección del cuerpo	X					
<b>4.7.5.2</b> Características de la ropa de trabajo		X		X		X

<b>4.7.5.3 Consideraciones con respecto a la ropa para protección del cuerpo y a la ropa de trabajo</b>						
<b>4.7.5.3.1 Movilidad y visibilidad</b>	X					
<b>4.7.5.3.2 Cobertura</b>	X					
<b>4.7.5.3.3 Comodidad</b>	X					X
<b>4.7.5.3.4 Interferencia</b>	X					
<b>4.7.5.3.5 Derretimiento</b>	X					
<b>4.7.5.3.6 Inflamabilidad</b>	X					
<b>4.7.6 Protección de manos y brazos</b>	X	X				
<b>4.7.7 Protección de pies</b>		X		X		
<b>4.7.8 Almacenamiento del equipo de protección personal</b>		X			X	X
<b>4.7.8.1 Guantes y mangas de caucho</b>						X
<b>4.7.8.2 Cobertores de conductores y aisladores</b>						X
<b>4.7.8.3 Mantas de caucho</b>						X
<b>4.7.9 Pruebas, reparación y mantenimiento del equipo de protección personal y de las herramientas para trabajos en línea viva</b>					X	
<b>4.7.10 Otras consideraciones sobre el equipo de protección personal y herramientas para trabajos en línea viva</b>					X	X
<b>4.7.11 Mangas de línea de caucho, capuchas, cobertores, mangas, y mantas</b>		X				
<b>4.7.12 Herramientas de escalamiento</b>		X	X			

<b>4.7.13 Arnéses y cinturones de seguridad</b>		X				
<b>4.7.14 Hachas de mano y herramientas afiladas</b>		X				
<b>4.7.15 Escaleras aisladas</b>				X	X	
<b>4.7.15.1 Resistencia a la tensión</b>					X	
<b>4.7.15.2 Montaje e inspección</b>					X	
<b>4.7.15.3 Introducción del liniero a la escalera</b>					X	
<b>4.7.15.4 Control de la escalera</b>					X	
<b>4.7.15.5 Prueba eléctrica</b>					X	
<b>4.7.16 Cuerdas</b>				X	X	
<b>4.7.17 Otras consideraciones sobre herramientas para trabajos en línea viva</b>			X	X	X	

ANEXO B

# MANUAL SOBRE NORMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJO EN LÍNEA VIVA



JAVIER AYALA SÁNCHEZ  
2006

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>1. TRABAJOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS</u></b>	<b>1</b>
<b><u>2. RIESGOS ASOCIADOS A LOS TRABAJOS ELÉCTRICOS</u></b>	<b>2</b>
<b><u>3. EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS EN EL CUERPO HUMANO POR ACCIÓN DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS</u></b>	<b>3</b>
<b><u>3.1 EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS EN EL CUERPO HUMANO POR LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS</u></b>	<b>3</b>
<b><u>3.2 EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS POR EL PASO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL CUERPO HUMANO</u></b>	<b>3</b>
<u>3.2.1 Principales factores que influyen en los efectos fisiológicos producidos por el paso de las corrientes eléctricas a través del cuerpo humano.</u>	5
<u>3.2.1.1 Intensidad de la corriente.</u>	5
<u>3.2.1.2 Duración del contacto eléctrico</u>	5
<u>3.2.1.3 Impedancia del cuerpo humano</u>	5
<u>3.2.1.4 Tensión aplicada</u>	6
<u>3.2.1.5 Recorrido de la corriente a través del cuerpo</u>	6
<b><u>4. TÉCNICAS DE TRABAJO EN LÍNEA VIVA</u></b>	<b>6</b>
<b><u>4.1 Método de trabajo a distancia</u></b>	<b>6</b>
<b><u>4.2 Método de trabajo a Potencial o "a Mano limpia"</u></b>	<b>9</b>
<b><u>4.3 Método de trabajo a Contacto</u></b>	<b>11</b>
<b><u>5. NORMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN LÍNEA VIVA</u></b>	<b>11</b>
<b><u>5.1 INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>12</b>
<b><u>5.2 CONSIDERACIONES SOBRE EL PERSONAL DESIGNADO PARA REALIZAR LABORES EN LÍNEA VIVA</u></b>	<b>12</b>
<u>5.2.1 Entrenamiento y calificación de trabajadores expertos</u>	12
<u>5.2.1.1 Tipo de entrenamiento</u>	12
<u>5.2.1.2 Aspectos que debe contemplar el entrenamiento</u>	12
<u>5.2.1.3 trabajador calificado</u>	14
<u>5.2.1.4 Frecuencia de los entrenamientos</u>	14
<b><u>5.3 CONSIDERACIONES CON RESPECTO A LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGURO</u></b>	<b>14</b>
<u>5.3.1 Revisión del lugar de trabajo</u>	14
<u>5.3.1.1 Inspección de la red</u>	15
<u>5.3.2 Señalización del área de trabajo</u>	15
<u>5.3.3 Alistamiento de equipo y materiales</u>	16
<u>5.3.4 Verificación del equipo de protección</u>	16

<a href="#">5.3.5 Comunicación con centro de despacho</a>	17
<a href="#">5.3.6 Reunión previa a la iniciación de los trabajos</a>	17
<b><a href="#">5.4 PRÁCTICAS DE TRABAJO SEGURO</a></b>	<b>18</b>
<a href="#">5.4.1. Precauciones al trabajar con equipo y líneas energizadas</a>	18
<a href="#">5.4.2 Tendido y desplazamiento de conductores en contigüidad a líneas energizadas</a>	19
<a href="#">5.4.3 Número de trabajadores calificados por exposición a peligros</a>	20
<a href="#">5.4.4 Procedimientos para el cubrimiento de zonas energizadas</a>	20
<a href="#">5.4.5 Porte de artículos metálicos</a>	21
<a href="#">5.4.6 Aproximación con poca visibilidad</a>	21
<a href="#">5.4.7 Trabajos en una sola fase</a>	21
<a href="#">5.4.8 Normas para trabajos aéreos</a>	21
<a href="#">5.4.8.1 Ascenso y descenso de material</a>	21
<a href="#">5.4.8.2 Consideraciones sobre el escalamiento de estructuras</a>	21
<a href="#">5.4.8.3 Trabajos sobre conductores energizados</a>	22
<a href="#">5.4.8.4 Procedimientos de trabajo</a>	23
<a href="#">5.4.9 Condiciones ambientales</a>	24
<a href="#">5.4.10 Acciones prohibidas mientras se trabaja</a>	25
<a href="#">5.4.10.1 Hacer bromas</a>	25
<a href="#">5.4.10.2 Ser descuidados</a>	25
<a href="#">5.4.10.3 Consumir alcohol, tóxicos o drogas</a>	25
<a href="#">5.4.10.4 Trabajar enfermo o bajo estrés emocional</a>	25
<b><a href="#">5.5 ACCIONES Y CONDICIONES SIGNIFICATIVAMENTE INSEGURAS</a></b>	<b>25</b>
<b><a href="#">5.6 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL "PPE" Y HERRAMIENTAS PARA TRABAJOS EN LÍNEA VIVA</a></b>	<b>26</b>
<a href="#">5.6.1 Requisitos para la selección de equipo de protección personal "PPE" y herramientas para trabajos en línea viva</a>	26
<a href="#">5.6.2 Inspección y prueba del equipo de protección personal</a>	27
<a href="#">5.6.3 Protección de la cabeza</a>	27
<a href="#">5.6.4 Protección de los ojos</a>	27
<a href="#">5.6.5 Protección del cuerpo</a>	28
<a href="#">5.6.5.1 Características de la ropa para protección del cuerpo</a>	28
<a href="#">5.6.5.2 Características de la ropa de trabajo</a>	28
<a href="#">5.6.5.3 Consideraciones con respecto a la ropa para protección del cuerpo y a la ropa de trabajo</a>	28
<a href="#">5.6.5.3.1 Movilidad y visibilidad</a>	28
<a href="#">5.6.5.3.2 Cobertura</a>	28
<a href="#">5.6.5.3.3 Comodidad</a>	28
<a href="#">5.6.5.3.4 Interferencia</a>	28
<a href="#">5.6.5.3.5 Derretimiento</a>	29
<a href="#">5.6.5.3.6 Inflamabilidad</a>	29
<a href="#">5.6.6 Protección de manos y brazos</a>	29
<a href="#">5.6.7 Protección de pies</a>	29
<a href="#">5.6.8 Almacenamiento del equipo de protección personal</a>	29
<a href="#">5.6.8.1 Guantes y mangas de caucho</a>	30
<a href="#">5.6.8.2 Cobertores de conductores y aisladores</a>	30
<a href="#">5.6.8.3 Mantas de caucho</a>	31

<a href="#"><u>5.6.9 Pruebas, reparación y mantenimiento del equipo de protección personal y de las herramientas para trabajos en línea viva</u></a>	31
<a href="#"><u>5.6.10 Otras consideraciones sobre el equipo de protección personal y herramientas para trabajos en línea viva</u></a>	32
<a href="#"><u>5.6.11 Mangas de línea de caucho, capuchas, cobertores, mangas, y mantas</u></a>	33
<a href="#"><u>5.6.12 Herramientas de escalamiento</u></a>	33
<a href="#"><u>5.6.13 Arnese y cinturones de seguridad</u></a>	34
<a href="#"><u>5.6.14 Hachas de mano y herramientas afiladas</u></a>	34
<a href="#"><u>5.6.15 Escaleras aisladas</u></a>	34
<a href="#"><u>5.6.15.1 Resistencia a la tensión</u></a>	34
<a href="#"><u>5.6.15.2 Montaje e inspección</u></a>	34
<a href="#"><u>5.6.15.3 Introducción del liniero a la escalera</u></a>	35
<a href="#"><u>5.6.15.4 Control de la escalera</u></a>	35
<a href="#"><u>5.6.15.5 Prueba eléctrica</u></a>	35
<a href="#"><u>5.6.16 Cuerdas</u></a>	36
<a href="#"><u>5.6.17 Otras consideraciones sobre herramientas para trabajos en línea viva</u></a>	36

## **BIBLIOGRAFÍA**

**37**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b><u>Tabla 1.</u></b> <u>Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano</u>	5
<b><u>Tabla 2.</u></b> <u>Distancias límites de aproximación en las zonas de trabajo.</u>	8
<b><u>Tabla 3.</u></b> <u>Límites de aproximación a partes expuestas energizadas.</u>	13
<b><u>Tabla 4.</u></b> <u>Tensión máxima de uso para elementos aislantes de caucho.</u>	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Métodos de trabajo en instalaciones eléctricas.	1
<b>Figura 2.</b> Riesgos asociados con la electricidad.	2
<b>Figura 3.</b> Efectos de la electricidad.	4
<b>Figura 4.</b> Trabajos mediante la técnica a distancia.	7
<b>Figura 5.</b> Distancias límites de aproximación.	7
<b>Figura 6.</b> Método de trabajo a potencial (Distancias de aproximación).	10



# 1. TRABAJOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Dentro de las labores de mantenimiento se pueden diferenciar los trabajos hechos con las redes desenergizadas, los cuales presentan desventajas como las de someter al cliente a la interrupción de sus labores debido al corte en el fluido eléctrico, y los trabajos realizados con las redes energizadas que eximen al cliente de las incomodidades y perjuicios que les pueda ocasionar el fenómeno de corte de energía antes mencionado.

De esta manera se puede establecer que los trabajos en redes eléctricas se clasifican en dos grandes grupos como se puede observar en el diagrama que se muestra en la figura 1.

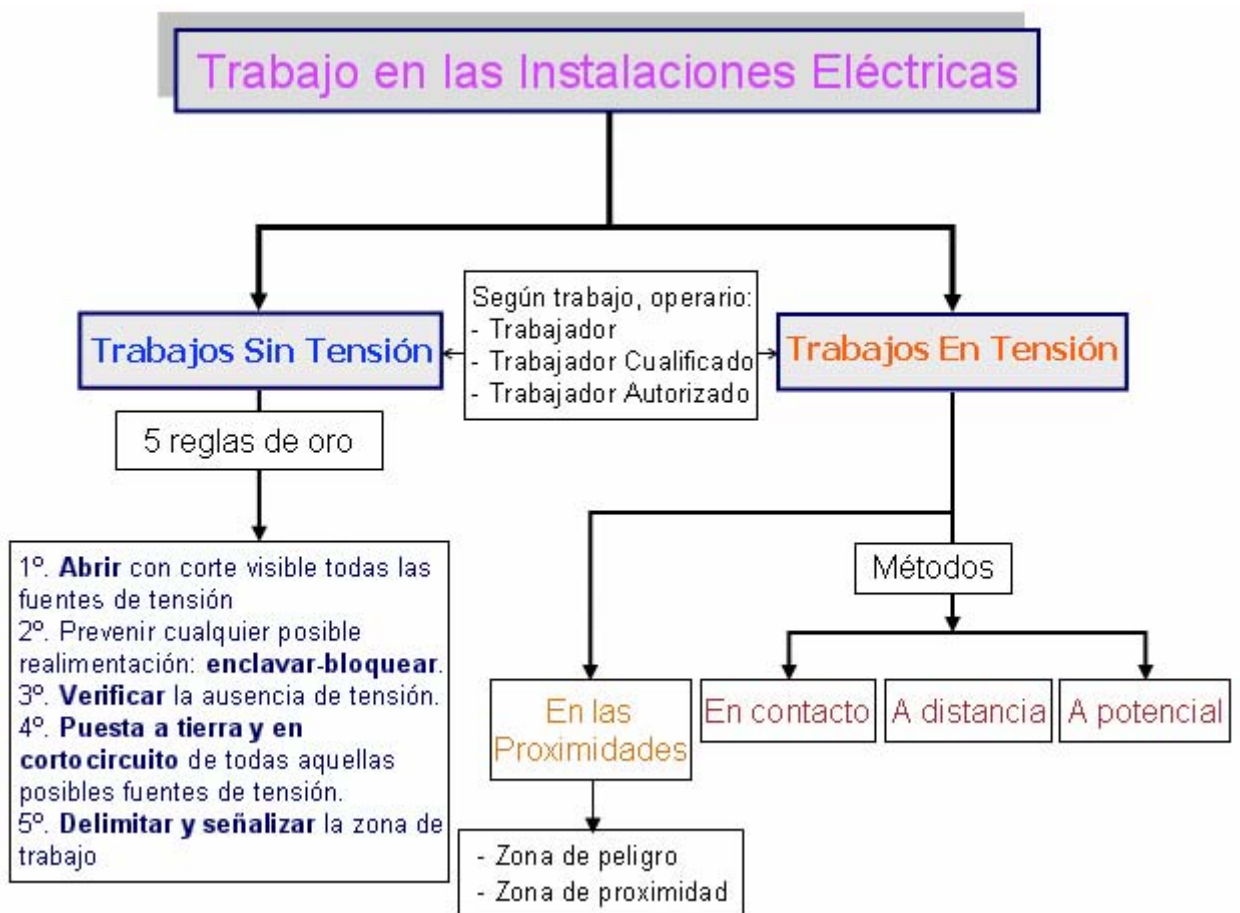


Figura 1. Métodos de trabajo en instalaciones eléctricas.

## 2. RIESGOS ASOCIADOS A LOS TRABAJOS ELÉCTRICOS

En el desarrollo de labores sobre equipos o sistemas energizados se presentan una serie de riesgos asociados a esta condición, tal y como se ilustra en la figura 2.

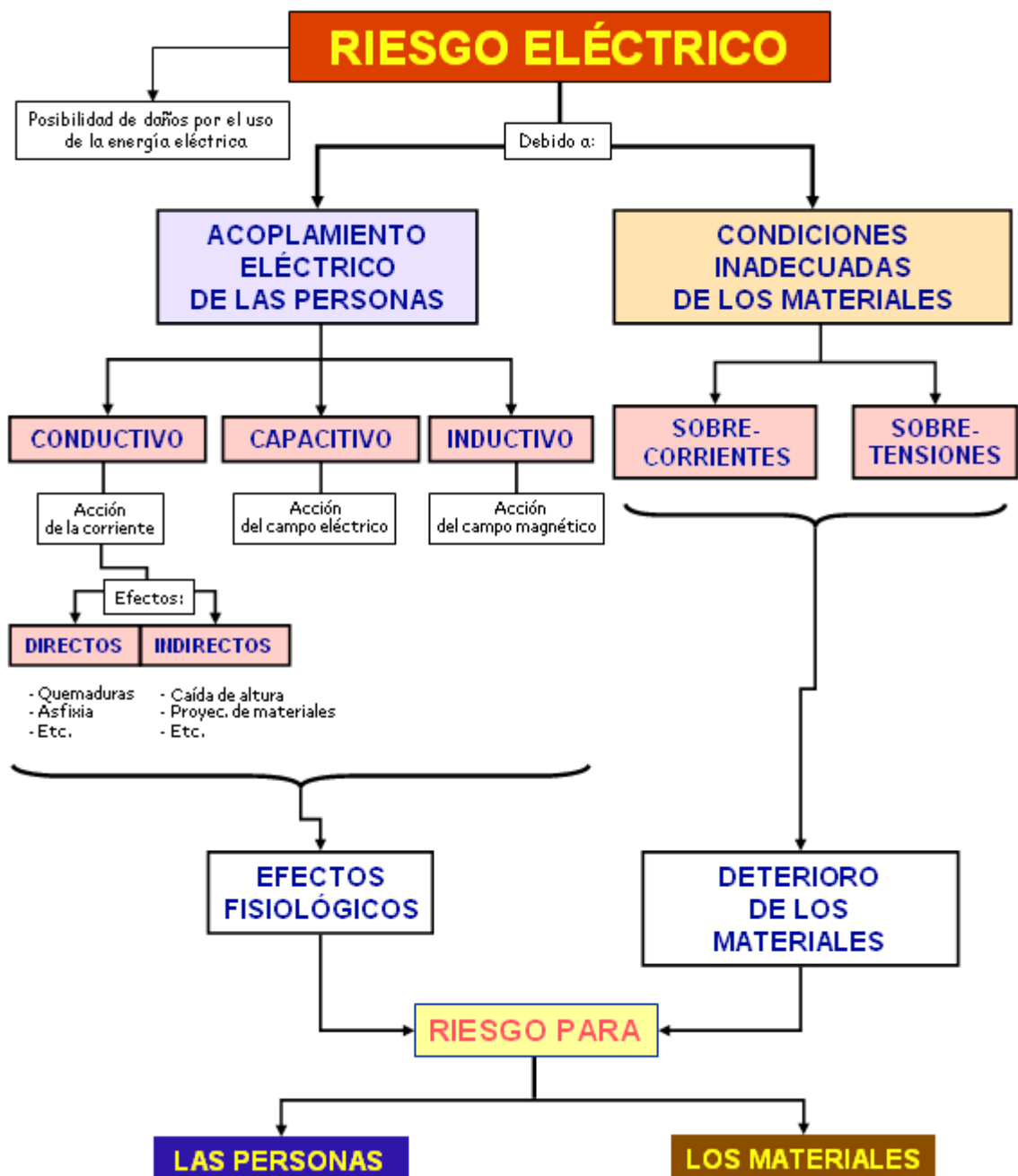


Figura 2. Riesgos asociados con la electricidad.

### 3. EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS EN EL CUERPO HUMANO POR ACCIÓN DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS

#### 3.1 EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS EN EL CUERPO HUMANO POR LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

A partir del año 1972 se han realizado diversos estudios epidemiológicos con el fin de detectar los efectos fisiológicos en el cuerpo humano por acción de los campos electromagnéticos "CEM".

Aunque muchos de ellos asocian tal exposición al aumento de probabilidades en el padecimiento de algunas enfermedades como el cáncer y la leucemia, otros tantos, contradicen estos resultados.

Aunque el panorama es realmente confuso, pues no hay consistencia entre los resultados de los estudios en diferentes países y por diversos investigadores, siendo que el campo electromagnético está presente en todos los casos, la falta de consistencia es la que ha llevado a concluir que **no hay una base científica sobre la asociación del CEM con patologías humanas importantes.**

*Sin embargo, y con lo expuesto anteriormente se plantea "evitar prudentemente" la exposición prolongada a CEM de valores superiores a los 2 mG*

#### 3.2 EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS POR EL PASO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL CUERPO HUMANO

La causa fundamental de daños producidos por la electricidad es el paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Para que circule una corriente a través del cuerpo humano es necesario que entre dos partes del mismo exista una tensión (o diferencia de potencial), es decir que el cuerpo de la persona sirva como medio de conducción de las cargas eléctricas desde uno de los puntos hacia el otro.

Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo pueden ocasionar desde lesiones físicas secundarias (golpes, caídas, etc.), hasta la muerte por fibrilación ventricular.

Estos efectos están estrechamente ligados a una serie de factores tal y como se ilustra en la figura 3.

Hay que aclarar que a niveles de tensión muy altos no se requiere de un contacto directo entre el cuerpo de una persona y los dos puntos que se encuentran a diferente potencial para que ocurra una descarga eléctrica a través de ella, esto se debe a un fenómeno que se denomina arco eléctrico y que se definirá a continuación.

El arco eléctrico se forma por la ionización de un gas en el cual están presentes dos cuerpos que se encuentran a potenciales diferentes ya sea por intentar abrir un circuito a través del cual circula una corriente eléctrica o por reducción de la distancia de aproximación entre objetos que presentan diferencias de tensión muy elevadas, lo cual resulta en un flujo de corriente a través del gas (descarga disruptiva) y del circuito resultante.

La ionización del gas ocurre cuando uno de los cuerpos dota de cierta cantidad de energía a los electrones para que salten la distancia que los separa al contar con la

presencia de electrones libres, la creación de iones positivos que chocan contra el ánodo y la creación de iones negativos que chocan contra el cátodo.

Debido a la naturaleza de la emisión de electrones el cátodo se calienta, es decir que la base del arco eléctrico se convierte en una fuente termoiónica. Todo el proceso tiene lugar en una columna de plasma y a una temperatura entre 4000 y 20000 Kelvin.

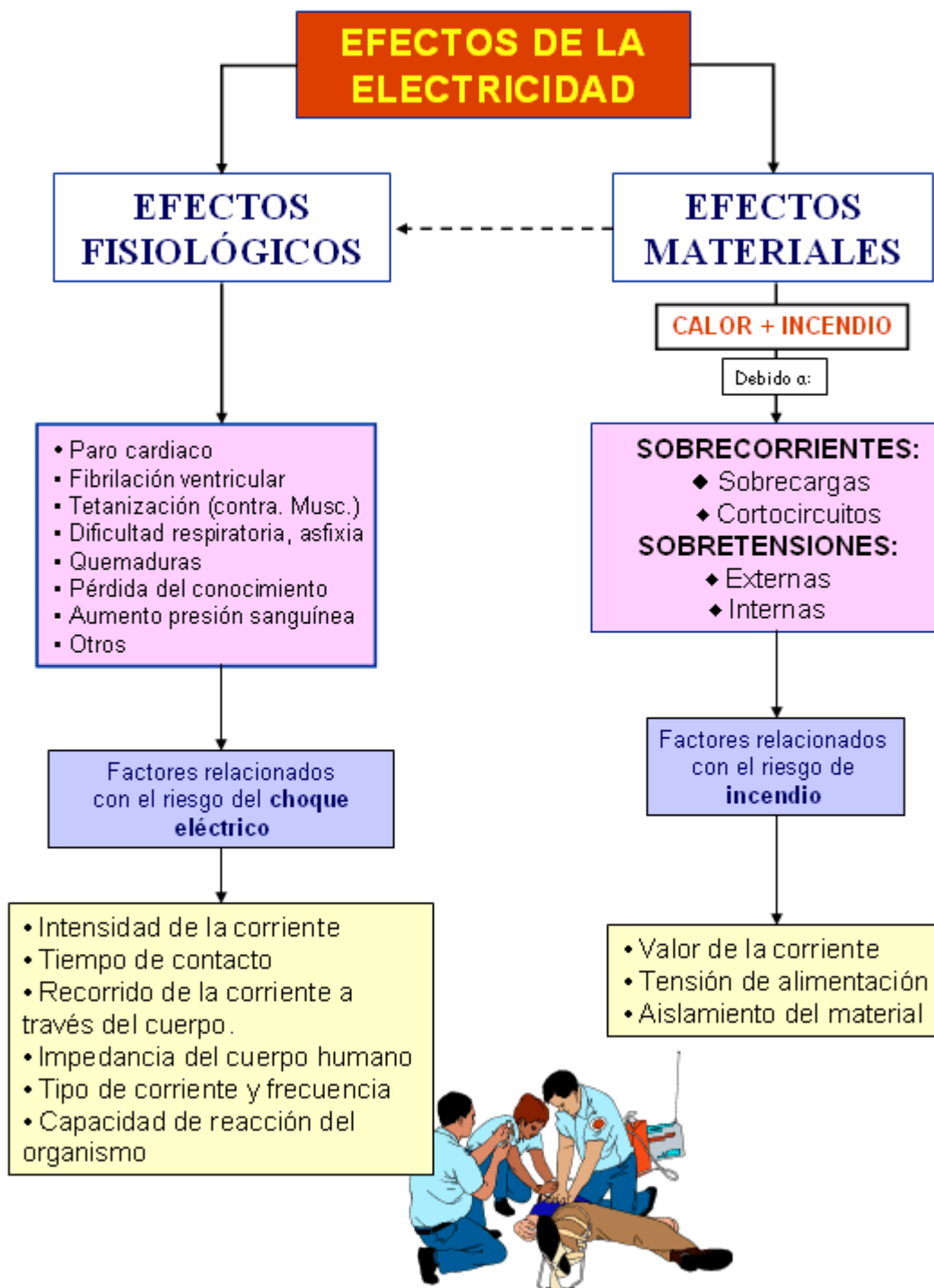


Figura 3. Efectos de la electricidad.

### 3.2.1 Principales factores que influyen en los efectos fisiológicos producidos por el paso de las corrientes eléctricas a través del cuerpo humano.

#### 3.2.1.1 Intensidad de la corriente.

Es uno de los factores que más inciden en los efectos y lesiones ocasionados por el accidente eléctrico.

En la tabla 1 se muestran algunos efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano y los valores a los cuales ocurren.

EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL CUERPO HUMANO	
Intensidad de la corriente	Reacción
1 mA	Sólo un hormigueo leve.
5 mA	Se siente una pequeña corriente pero aún no se siente dolor. A este nivel de corriente la mayoría de la gente puede reaccionar, sin embargo, los movimientos fuertes involuntarios pueden causar daños.
6 a 25 mA (mujeres) 9 a 30 mA (hombres)	Descarga dolorosa. El control muscular se pierde. Este es el rango donde empiezan a aparecer las corrientes inmovilizadoras. No es posible reaccionar.
50 a 150 mA	Dolor extremadamente fuerte, parálisis respiratoria, severas contracciones musculares.
1 000 a 4 300 mA	Fibrilación ventricular (Pérdida de la acción rítmica del corazón). Contracción muscular. Ocurren daños en los nervios. Muerte muy posible.
10 000 mA	Ocurre paro cardíaco y severas quemaduras. Muerte muy probable.
15 000 mA	Corriente mas baja a la cual un fusible típico o un dispositivo de protección convencional abre un circuito.
* Los efectos mencionados corresponden a tensiones inferiores a los 600 V. Tensiones mayores pueden causar severas quemaduras. Diferencias en la masa muscular y en la grasa corporal pueden afectar la severidad de los daños.	

**Tabla 1. Efectos de la corriente en el cuerpo humano**

En relación con la intensidad de corriente, son relevantes los conceptos que se indican a continuación.

#### 3.2.1.2 Duración del contacto eléctrico

Junto con la intensidad de la corriente es el factor que más influye en el resultado del accidente ya que largos lapsos de exposición incrementan los daños en la víctima.

Por ejemplo, una corriente de 100 mA aplicada durante un tiempo de 3 segundos es tan peligrosa como una corriente de 900 mA aplicada durante una fracción de 0,03 segundos, además, hay que aclarar que una cantidad de corriente de 1/10 de Ampere a través del cuerpo de una persona circulando por un tiempo de 2 segundos es suficiente para causarle la muerte.

#### 3.2.1.3 Impedancia del cuerpo humano

Su importancia en el resultado del accidente depende de las siguientes circunstancias: de la tensión, de la frecuencia, de la duración del paso de la corriente, de la temperatura, del grado de humedad de la piel, de la superficie de contacto, de la presión de contacto, de la dureza de la epidermis, etc.

Las diferentes partes del cuerpo humano, tales como la piel, los músculos, la sangre, etc., presentan para la corriente eléctrica una impedancia compuesta por elementos resistivos y capacitivos.

Durante el paso de la electricidad la impedancia del cuerpo humano se comporta como una suma de tres impedancias en serie:

- Impedancia de la piel en la zona de entrada.
- Impedancia interna del cuerpo.
- Impedancia de la piel en la zona de salida.

#### **3.2.1.4 Tensión aplicada**

En sí misma no es peligrosa pero, si la resistencia es baja, ocasiona el paso de una corriente elevada y, por tanto, muy peligrosa. El valor límite de la tensión de seguridad debe ser tal que aplicada al cuerpo humano, proporcione un valor de corriente que no suponga riesgos para el individuo.

Como anteriormente se mencionó, la relación entre la corriente y la tensión no es lineal debido al hecho de que la impedancia del cuerpo humano varía con la tensión de contacto. Ahora bien, por depender la resistencia del cuerpo humano, no solo de la tensión, sino también de la trayectoria y del grado de humedad de la piel, no tiene sentido establecer una única tensión de seguridad sino que se debe referir a infinitas tensiones de seguridad, cada una de las cuales correspondería a una función de las distintas variables anteriormente mencionadas.

#### **3.2.1.5 Recorrido de la corriente a través del cuerpo**

La gravedad del accidente depende del recorrido de la corriente a través del cuerpo. Una trayectoria de mayor longitud tendrá, en principio, mayor resistencia y por tanto menor magnitud de corriente; Sin embargo, puede atravesar órganos vitales (corazón, pulmones, hígado, etc.) provocando lesiones mucho más graves. Aquellos recorridos que atraviesan el tórax o la cabeza ocasionan los mayores daños.

### **4. TÉCNICAS DE TRABAJO EN LÍNEA VIVA**

Debido al permanente aumento de la demanda de energía eléctrica y la importancia de su continuidad para los procesos que son llevados a cabo por el cliente, la realización de los trabajos de optimización de redes aéreas, sin interrupción del servicio, mediante el mantenimiento en línea viva cobra cada vez una mayor importancia.

Debido a la alta complejidad de esta técnica, son necesarios tres métodos para cubrir todos los servicios que pueden ser ejecutados en línea viva y que son:

- Método a distancia,
- Método a potencial, y
- Método a contacto.

#### **4.1 Método de trabajo a distancia**

En este método, el trabajador permanece a potencial de tierra, bien sea en el suelo, en los apoyos de una línea aérea o en cualquier otra estructura o plataforma tal y como se

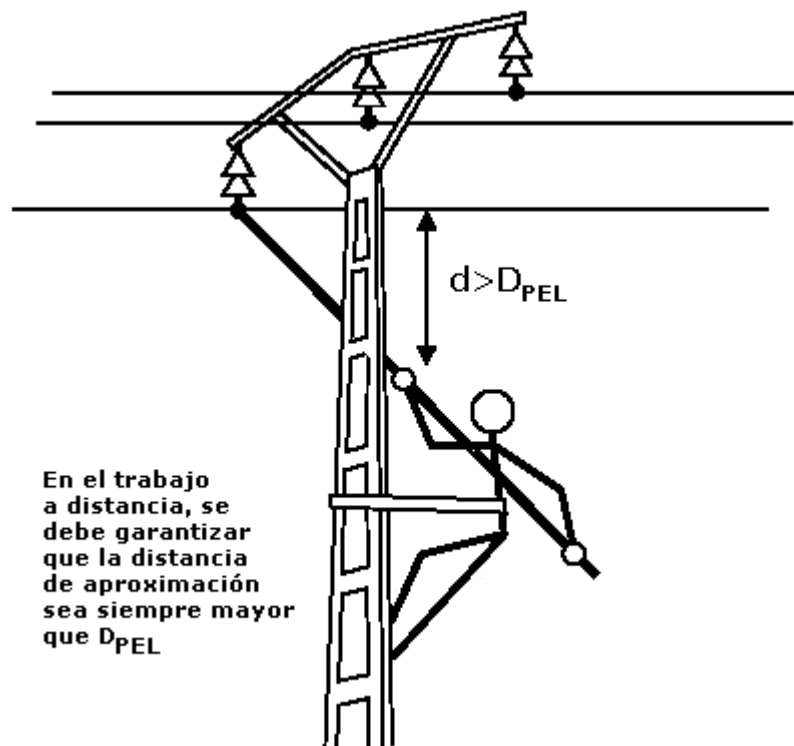
puede observar en la figura 4. El trabajo se realiza mediante herramientas acopladas al extremo de pértigas aislantes.



**Figura 4. Trabajos mediante la técnica a distancia [9].**

Para llevar a cabo el trabajo mediante este método se pueden utilizar diferentes clases de protectores aislantes, destinados al recubrimiento de conductores, herrajes, aisladores, y otros elementos de la instalación. Estos protectores aislantes deben ser seleccionados entre los fabricados especialmente para este fin conforme a las normas que les sean de aplicación y su aislamiento debe estar dimensionado para soportar con garantías de seguridad las tensiones de la instalación a intervenir.

El método de trabajo a distancia requiere planificar cuidadosamente el procedimiento de trabajo, de manera que en la secuencia de ejecución se mantengan en todo momento las distancias mínimas de aproximación ( $D_{PEL}$ ) en las condiciones más desfavorables, tal y como se puede observar en la figura 5 y en la tabla 2.



**Figura 5. Distancias límites de aproximación [7].**

<b>DISTANCIAS LÍMITE DE LAS ZONAS DE TRABAJO EN (cm)</b>				
<b>V<sub>n</sub></b>	<b>D<sub>PEL-1</sub></b>	<b>D<sub>PEL-2</sub></b>	<b>D<sub>PROX-1</sub></b>	<b>D<sub>PROX-2</sub></b>
< 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	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

**Tabla 2. Distancias límites de aproximación en las zonas de trabajo.**

En donde  $V_n$  = tensión nominal de la instalación (kV).

La tensión nominal de una instalación en kilovolts,  $V_n$ , es el valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para los sistemas trifásicos se considera como tal la tensión Fase a Fase (valor eficaz entre fases).

$D_{PEL-1}$  = distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista riesgo de sobretensión por rayo (cm).

$D_{PEL-2}$  = distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).

Las distancias  $D_{PEL}$  son límites que han de ser respetados cuando se realizan trabajos en tensión o en proximidad por parte de los trabajadores autorizados o cualificados u otros trabajadores bajo la vigilancia de ellos.

$D_{PROX-1}$  = 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 (cm).

$D_{PROX-2}$  = 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 (cm).

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

Las distancias  $D_{PROX}$  se refieren a los límites que han de ser respetados durante los trabajos realizados por cualquier trabajador que no sea “calificado”.

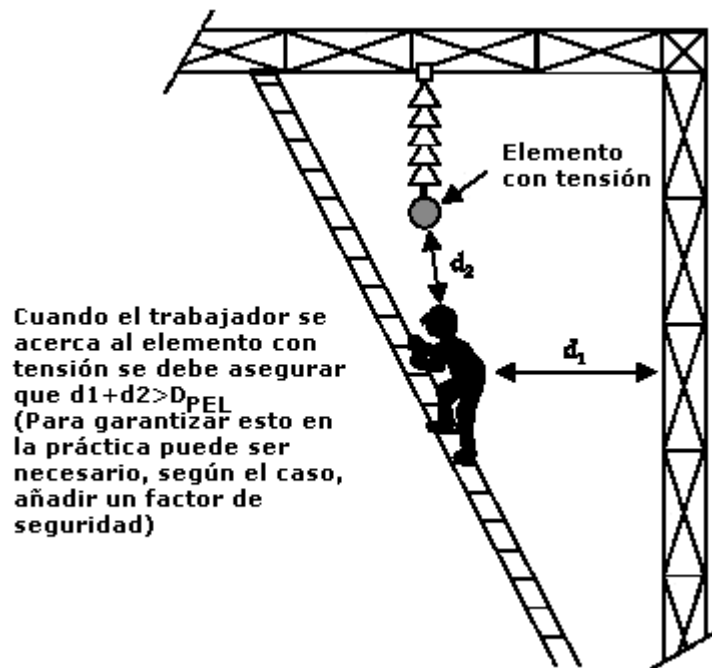
## 4.2 Método de trabajo a Potencial o “a Mano limpia”

Este método requiere que el trabajador manipule directamente los conductores o elementos en tensión, para lo cual es necesario que se ponga al mismo potencial del elemento de la instalación donde trabaja. En estas condiciones, debe estar asegurado su aislamiento respecto a tierra y a las otras fases de la instalación mediante elementos aislantes adecuados a las diferencias de potencial existentes.

Este método de trabajo requiere para su ejecución una alta especialización y contar con los medios adecuados y el concurso de trabajadores especialmente entrenados.

Algunas precauciones que se deben tener son:

- El aislamiento del trabajador respecto a tierra (y respecto a las otras fases) es un aspecto esencial de este método de trabajo. Los elementos que sostienen al trabajador (escaleras aislantes, dispositivos elevadores, etc.) deben proporcionar un aislamiento adecuado al nivel de la tensión existente.
- Antes de comenzar el trabajo se comprobará la corriente de fuga que circula por el elemento del que depende el aislamiento del trabajador. En caso de que este aislamiento pueda variar debido a las condiciones ambientales (condensaciones por humedad del ambiente, contaminación del aire, etc.) se recomienda controlar la corriente de fuga durante la ejecución del trabajo. Esto puede lograrse mediante un microampermetro vigilado por un trabajador o mediante la instalación de un dispositivo automático de alarma. El criterio de seguridad comúnmente admitido es que la citada corriente de fuga se mantenga por debajo de un microampere por cada kilovolt nominal de la instalación. Por ejemplo, si la tensión nominal es de 220 kilovolts, la intensidad de fuga admisible sería de 220 microamperes.
- Durante el acceso del trabajador hasta el elemento en tensión, por ejemplo, izado mediante un dispositivo elevador con brazo aislante o subiendo por sí mismo a través de una escalera aislante, deben respetarse en todo momento las distancias mínimas de trabajo establecidas anteriormente ( $D_{Pel}$ ), Ver figura 6.
- Durante la ejecución del trabajo también debe cumplirse, en todo momento, dicho requisito, considerando el tamaño de las herramientas y materiales conductores utilizados. En la práctica, para garantizar tales distancias puede ser necesario, según el caso, trabajar con un margen o factor de seguridad que deberá estudiarse para cada tipo de operación, en función de la evaluación de riesgos.



**Figura 6. Método de trabajo a potencial (Distancias de aproximación) [7].**

- El movimiento de acercamiento del dispositivo elevador hacia el conductor o parte energizada debe ser lento y uniforme de tal manera que no perturbe el equilibrio del liniero.
- Cuando el trabajador esté a una distancia aproximada de 50 o 60 centímetros del conductor energizado, debe ejecutar el contacto inicial en forma rápida, fuerte y segura, verificando que la grapa de la pèrtiga de contacto quede bien sujeta al conductor para que la conexión sea perfecta.
- Los operarios que trabajan con el método “a potencial” deben ir vestidos con ropa externa conductora (pantalón, chaqueta, capucha, guantes y calzado). Esta indumentaria constituye un apantallamiento tipo Faraday que impide la penetración del campo eléctrico en su cuerpo. En la práctica, se considera necesario tomar dicha medida siempre que la tensión nominal de la instalación sea igual o superior a 66 kV. Para tensiones menores la decisión se basará en el resultado de la evaluación de riesgos.
- Antes de que el trabajador toque el elemento en tensión, debe unirse eléctricamente a él con el fin de ponerse al mismo potencial. Esto se realiza mediante la conexión del conductor auxiliar unido por el otro extremo al traje conductor que viste el trabajador. Dicho conductor debe permanecer conectado al elemento en tensión durante todo el tiempo que dure el trabajo.
- Antes de iniciar la elevación, el vehículo del elevador debe ser puesto a tierra y en conexión equipotencial con el resto de masas metálicas existentes en la zona de trabajo. Asimismo, antes de comenzar el trabajo debería hacerse una comprobación de la corriente de fuga del brazo aislante del elevador y mantener este control en el transcurso de las operaciones cuando el aislamiento pueda variar debido a las condiciones ambientales; condensaciones por humedad, contaminación ambiental, etc.

- La verificación inicial puede realizarse poniendo la barquilla situada en el extremo del brazo aislante en contacto con una fuente cuya tensión sea igual a la de la instalación donde se vaya a trabajar. La corriente de fuga no debería exceder de un microampere por cada kilovolt de tensión nominal de la instalación. En caso contrario, el trabajo debería ser suspendido.
- Las distancias mínimas de trabajo especificadas ( $D_{PeI}$ ) deben ser respetadas respecto a todos los elementos metálicos puestos a tierra.
- Durante el desarrollo de estos trabajos, no se debe entregar al operario que permanece a potencial ningún material, desde los apoyos o desde el suelo, sin las debidas condiciones de aislamiento.
- Por otra parte, hay que asegurarse de que los dispositivos utilizados para la elevación del trabajador estén libres de balanceos u oscilaciones, con el fin de controlar en todo momento las distancias de aproximación y proporcionar al operario un apoyo seguro y estable durante la ejecución del trabajo.

### 4.3 Método de trabajo a Contacto

La técnica a contacto es aquella en la que el trabajador realiza su labor estando aislado de los objetos conectados a tierra mediante un equipo aislado y a través de equipo como guantes y mangas aislantes de caucho.

En el método de trabajo a contacto las protecciones aislantes cumplen la misma función que en el método de trabajo a distancia: recubrimiento de conductores y elementos activos, herrajes, aparatos, etc., con los cuales pueda entrar en contacto de forma accidental el trabajador que los realiza.

Cuando el trabajo se realice en instalaciones de alta tensión las principales precauciones que deberán ser adoptadas son las siguientes:

- Mantener las manos protegidas mediante guantes aislantes adecuados a la tensión nominal de la instalación y, si es preciso, usar mangos aislantes para los brazos.
- Realizar el trabajo sobre un soporte aislante (plataforma, barquilla, etc.) que asegure el aislamiento del trabajador respecto a tierra y proporcione un apoyo seguro y estable.
- El trabajador mantendrá la distancia de seguridad  $D_{PeI}$  respecto a otros puntos de diferente potencial que no se encuentren apantallados o protegidos.
- Vestir ropa de trabajo sin cremalleras u otros elementos conductores.
- No portar pulseras, cadenas u otros elementos conductores.
- Usar herramientas aisladas, específicamente diseñadas para estos trabajos.
- Aislar, en la medida de lo posible, las partes activas y elementos metálicos en la zona de trabajo mediante accesorios aislantes (fundas, capuchones, películas plásticas aislantes, etc.).

## 5. NORMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN LÍNEA VIVA

## 5.1 INTRODUCCIÓN

La realización de los trabajos de mantenimiento en redes de distribución y líneas de transmisión alimentadas o en caliente, se lleva a cabo con el fin de no afectar el servicio de suministro de energía eléctrica, además de obtener una reducción significativa en los costos de tales procedimientos.

Tomando en cuenta la diversidad de normativas nacionales e internacionales que existen al respecto de tales procesos y la importancia que tiene el establecer una serie de técnicas especiales que garanticen la culminación satisfactoria de las labores emprendidas, se hace necesario determinar las normas de seguridad generales y específicas para llevar a cabo cada una de ellas y que mejor se adapten a las condiciones de trabajo en todo el territorio nacional, que además sirvan de pauta para establecer una coordinación perfecta entre el conocer, el saber y el hacer en todo el personal que se vea involucrado en el conjunto de operaciones que se realizan dentro del proceso de optimización de los equipos y sistemas eléctricos, cuando estos se encuentran en funcionamiento.

## 5.2 CONSIDERACIONES SOBRE EL PERSONAL DESIGNADO PARA REALIZAR LABORES EN LÍNEA VIVA

***Únicamente trabajadores calificados realizarán trabajos en sistemas eléctricos energizados.***

Es peligroso para personal no calificado intentar realizar trabajos eléctricos y tanto para ellos como para el personal calificado se debe implementar un programa de entrenamiento relacionado con prácticas de trabajo seguras de acuerdo a sus respectivas labores asignadas.

### 5.2.1 Entrenamiento y calificación de trabajadores expertos

Sólo se le debe permitir la realización de trabajos sobre sistemas energizados a trabajadores calificados y correctamente entrenados.

Para ello la dirección de la empresa deberá establecer un entrenamiento formal para los empleados antes de que se les permita trabajar con instalaciones eléctricas energizadas.

#### 5.2.1.1 Tipo de entrenamiento

El entrenamiento deberá realizarse durante el trabajo y/o en un salón de clases y el grado de entrenamiento proveído deberá ser determinado por los riesgos a los que se vayan a exponer los empleados.

El entrenamiento debe poseer un carácter dinámico y atractivo con el fin de mantener el interés de los trabajadores, es por ello que el uso de carteles de seguridad, maquetas, fotos, y otras ayudas es esencial para el éxito de estos procesos.

#### 5.2.1.2 Aspectos que debe contemplar el entrenamiento

Existen diferentes aspectos que son indispensables dentro de un programa de entrenamiento para las personas que van a trabajar sobre líneas o equipo energizado, entre ellos se tienen:

- Es importante desarrollar técnicas y destrezas necesarias para distinguir partes energizadas expuestas y demás partes de un sistema o equipo eléctrico, al igual que se debe garantizar la instrucción necesaria para que los trabajadores estén en capacidad de determinar la tensión nominal de las partes vivas expuestas identificadas dentro del sitio de trabajo.
- Es indispensable el entrenamiento en procedimientos que deben aplicar los trabajadores para desarrollar sus trabajos segura y apropiadamente.
- Es importante para el trabajador el afianzamiento de los procesos de toma de decisiones necesario para determinar el grado y medida del peligro y el equipo de protección personal necesario para realizar la tarea con seguridad.
- Es indispensable la instrucción del personal sobre los límites de aproximación a partes vivas (Ver tabla 3) con el fin de obtener protección ante una posible descarga.

Rango de tensión nominal del sistema, línea a línea	Distancia límite de aproximación		Límite restringido de aproximación [m]	Límite prohibido de aproximación [m]
	Conductor expuesto en movimiento [m]	Parte de circuito fija y expuesta [m]		
0 V a 50 V	-	-	-	-
51 V a 300 V	3,048	1,0668	-	Evite el contacto
301 V a 750 V	3,048	1,0668	0,3048	0,0254
751 V a 15 kV	3,048	1,524	0,6604	0,1778
15,1 kV a 36 kV	3,048	1,8288	0,7874	0,254
36,1 kV a 46 kV	3,048	2,4384	0,8382	0,4318
46,1 kV a 72,5 kV	3,048	2,4384	0,9906	0,635
72,6 kV a 121 kV	3,2512	2,4384	0,9652	0,8128
138 kV a 145 kV	3,3528	3,048	1,0922	0,9398
161 kV a 169 kV	3,556	3,556	1,2192	1,0668
230 kV a 242 kV	3,9624	3,9624	1,6002	1,4478
345 kV a 362 kV	4,6736	4,6736	2,5908	2,4384
500 kV a 550 kV	5,7912	5,7912	3,429	3,2766
765 kV a 800 kV	7,239	7,239	4,5466	4,3942

**Tabla 3. Límites de aproximación a partes expuestas energizadas.**

- El entrenamiento para el personal debe contemplar:
  - Operaciones de rescate y primeros auxilios, incluyendo la resucitación cardiopulmonar (CPR).
  - Prácticas inseguras.
- Las regulaciones y procedimientos adecuados para operar herramientas, equipos y aparatos de protección son consideradas como un aspecto vital en la preparación de un programa de seguridad industrial, de ahí que éste sea un punto clave en la estructuración y desarrollo de un proceso de entrenamiento para el personal que va a trabajar con sistemas energizados.
- Un aspecto de gran relevancia dentro de un programa de entrenamiento para trabajadores de línea viva es la discusión profunda de los accidentes que se han

producido, si los hay, en el transcurso del tiempo de desempeño de la empresa dentro del área de trabajos con sistemas energizados.

### **5.2.1.3 Trabajador calificado**

Un trabajador calificado es aquel que ha sido correctamente entrenado de acuerdo a los lineamientos expuestos anteriormente y que es experto en la construcción, mantenimiento y operación de sistemas y/o equipos eléctricos a través de métodos específicos de trabajo, y que además ha sido adiestrado para conocer y evitar los peligros que pueden surgir con el manejo de la electricidad durante el desarrollo de sus labores.

### **5.2.1.4 Frecuencia de los entrenamientos**

En lo referente a la frecuencia de los entrenamientos y capacitaciones sobre seguridad brindadas por las empresas a los empleados que van a laborar sobre sistemas energizados se recomienda que este tipo de procesos debe hacerse con regularidad en intervalos que no superen los 18 meses con el fin de proveer una actualización sobre las nuevas regulaciones y criterios sobre seguridad eléctrica.

Estas sesiones de entrenamiento consistirán de un mínimo de tres (3) horas dedicadas exclusivamente al tema de Seguridad Industrial y que además se utilizarán para dilucidar las inquietudes y preocupaciones al respecto.

Durante el proceso se debe verificar que el trabajador:

- Participe y apruebe satisfactoriamente el curso teórico práctico de entrenamiento en mantenimiento de líneas y/o redes energizadas empleando las técnicas apropiadas para ello. Este curso debe ser dictado anualmente por personal idóneo en este trabajo.
- Apruebe la evaluación escrita sobre normas y procedimientos de seguridad operativos y técnicos utilizados en el trabajo de mantenimiento de líneas y/o redes energizadas o en caliente.
- Se someta anualmente a un chequeo médico completo con el fin de comprobar las condiciones físicas, anímicas y mentales necesarias para la realización del trabajo en líneas y redes energizadas.

A través del cumplimiento de estos requisitos la empresa estará segura de contar con personal calificado para la realización de este tipo de trabajos.

## **5.3 CONSIDERACIONES CON RESPECTO A LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGURO**

Es necesario seguir un procedimiento que garantice la realización segura de las tareas emprendidas sobre cualquier sistema o equipo energizado, es por esto que se contemplarán a continuación los aspectos pertinentes de acuerdo a la secuencia de operaciones que se aconseja realizar dentro del desarrollo de trabajos en línea viva, aunque estas operaciones no se deben limitar a ello.

### **5.3.1 Revisión del lugar de trabajo**

En cuanto a la revisión del lugar de trabajo como parte inicial de la planeación de un trabajo seguro, se tiene que:

*Es responsabilidad del jefe trabajo tomar las consideraciones necesarias con respecto a:*

- Ubicación ideal del vehículo para la ejecución del trabajo.
- Chequeo del volumen de tráfico automotor en la vía.
- Verificación de las condiciones del suelo que permitan una posición estable y segura tanto de las ruedas del camión como de las zapatas.
- Posibilidad de obstrucción de la vía, tanto por el vehículo en sí como por el brazo de la canasta.
- Inspección de las posibles obstrucciones para la ubicación de la canasta, debidas a las construcciones adyacentes a la estructura de trabajo.
- Verificación de que el vehículo haya sido debidamente aterrizado.

No hay que olvidar que revisar el lugar de trabajo debe ser una prioridad de todos los empleados con el fin de facilitar la identificación total de los peligros existentes y proceder de manera segura ante ellos.

### **5.3.1.1 Inspección de la red**

Antes de iniciarse cualquier trabajo deberá examinarse cuidadosamente las condiciones existentes, de conductores como de estructuras, de tal modo que se garantice un desarrollo seguro del trabajo.

### **5.3.2 Señalización del área de trabajo**

Un inapropiado montaje en el área de trabajo, con pobre señalización, pobre control de tráfico y seguridad puede resultar en un accidente.

El público deberá mantenerse alejado de los lugares en los que la actividad de un trabajo represente algún peligro.

Para la protección del área de trabajo se debe tener en cuenta que una instalación segura requiere del uso de avisos de señalización que deberán ser ubicados adecuadamente, de tal modo que el mensaje que se quiera dar al público sobre el peligro e identificación de la zona y tipo de trabajo, sea adecuado y preciso, esto sumado al uso de barricadas que impidan el acceso de personal no calificado a las áreas que están siendo intervenidas por el personal que se encuentra laborando sobre sistemas energizados.

El jefe del grupo de trabajo es el responsable de orientar a los operarios sobre la ubicación correcta tanto de los conos o avisos de seguridad, como de las cuerdas de demarcación de zona de trabajo, según las normas establecidas por las autoridades de tránsito para este tipo de procedimientos.

El público deberá ser prevenido anticipadamente, para así poder ser guiado con seguridad, rodeando la línea de trabajo, es por ello que cuando sea necesario prevenir al tráfico vehicular, los avisos o conos deberán ser colocados a distancia prudencial, a cada lado del área de trabajo, de modo tal que permita a los conductores de los vehículos disminuir su velocidad con suficiente tiempo.

En las áreas de trabajo adyacentes a la vía pública deberá utilizarse un observador de seguridad industrial para proteger a las personas del público.

Si los elementos de trabajo que se están empleando para llevar a cabo las labores (incluyendo los vehículos) bloquean cualquier porción de la calle o la carretera, deberá

hacerse uso de una persona abanderada para que dirija el tráfico de manera segura alrededor del sitio de trabajo.

### 5.3.3 Alistamiento de equipo y materiales

Al ubicar las herramientas y el equipo de protección aislado en el sitio de trabajo, el encargado se cerciorará de que se utilice una lona impermeable en el suelo, para que se coloquen los implementos en ella y así evitar que queden en contacto con el piso y se les pueda adherir tierra o materias inadecuadas que alteren las propiedades de aislamiento de cada uno de ellos, factor clave en la operación de estos dispositivos para la realización segura de las labores.

Los materiales, herramientas y equipo de protección personal deben ser alistados con suficiente tiempo y acorde a un proceso de planeación adecuado para garantizar la presencia de todos los elementos que se requieran en el lugar de trabajo para la resolución segura de los procesos a desarrollar.

### 5.3.4 Verificación del equipo de protección

La verificación del equipo de protección antes de su uso, es un aspecto de gran importancia dentro de una planeación correcta y adecuada para garantizar la seguridad de los empleados involucrados en trabajos con línea viva.

Dentro de los aspectos destacados con respecto a las verificaciones del equipo de protección se tienen:

- Que el equipo a ser usado sea de la clase adecuada a la tensión de la red sobre la que se va a efectuar el trabajo (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE"*).
- Que los operarios que deben subir a la canasta tengan puesto su equipo de protección (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE"*).
- Que los operarios antes de subir a la canasta se quiten todos los objetos metálicos que tengan puestos (*Ver consideraciones sobre el porte de objetos metálicos mientras se trabaja con sistemas energizados*).
- Que antes de que suban los linieros a la canasta se verifique el correcto funcionamiento tanto de los controles en la canasta como los inferiores de operación. Además los movimientos de los brazos de la canasta también deben ser chequeados completamente.
- Que los operarios realicen concienzudamente las pruebas tanto visuales como de campo de todo el equipo de protección aislado que se va a emplear (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE"*).
- Que se efectúe una detenida inspección de los guantes de cuero protectores de los guantes dieléctricos, para constatar posibles cortes, huecos, costuras rotas, astillas de madera, pequeños trozos de alambre o virutas metidas dentro del cuero que podrían perforar el guante de caucho (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE"*).
- Que los operarios se encuentren en perfectas condiciones técnicas, físicas y síquicas para el desempeño de la labor encomendada (*Ver requisitos para la selección y preselección del personal destinado a trabajar sobre sistemas energizados*).

### **5.3.5 Comunicación con centro de despacho**

La comunicación del jefe de trabajo con el centro de despacho toma gran importancia ante la existencia de eventualidades dentro de los procesos normales de resolución de las labores, por las cuales se deben modificar de manera significativa los procedimientos de trabajo con el fin de garantizar la seguridad e integridad del personal que trabaja en línea viva. Entre estas eventualidades se pueden mencionar las ocasionadas por fallas presentadas en redes o líneas energizadas bajo consignación o las originadas por la ocurrencia de un accidente en el lugar de trabajo, entre otras.

Por ello es importante que el jefe de trabajo o de cuadrilla permanezca en constante comunicación con el centro de despacho para informar sobre cualquier anomalía o problema que se presente durante la realización de los trabajos y para solicitar información constante sobre los procedimientos que se deben adoptar con el equipo y con el personal ante este tipo de condiciones extraordinarias.

Hay que tener en cuenta que antes de iniciar el trabajo el jefe de cuadrilla deberá efectuar lo siguiente:

- Chequear el buen funcionamiento del equipo de comunicación.
- Entrar en contacto por radio con el centro de despacho para identificar correctamente el circuito en el que se va a trabajar.
- Solicitar al centro de despacho la carga del circuito.
- Recomendar que en el caso de que se presente una salida del circuito, éste no se ponga nuevamente en servicio hasta tanto no haya una comunicación en tal sentido por parte del cuadrillero.

### **5.3.6 Reunión previa a la iniciación de los trabajos**

Una vez cumplidos los anteriores puntos preliminares a la iniciación del servicio, el jefe de trabajo debe reunir a los operarios para darles las recomendaciones finales previas a la iniciación del trabajo, con el fin de planificar el total de las labores y de asignar las responsabilidades a cada miembro del equipo.

La sesión deberá cubrir por lo menos los siguientes aspectos:

- Peligros asociados con el trabajo
- Instrucciones pertinentes del trabajo
- Precauciones especiales
- Controles de fuentes de energía, y
- Requerimientos del equipo de protección personal.

Para ello en las reuniones previas a la iniciación de los trabajos se debe realizar:

- Una explicación de la secuencia de operación más adecuada para que la labor se desarrolle en forma eficiente y segura, examinando cuidadosamente las sugerencias presentadas por los operarios, de modo que no queden dudas para la correcta ejecución del servicio y se familiaricen todos con los procedimientos a ser seguidos.
- Un recordatorio de las normas de seguridad específicas para el tipo de trabajo a ser ejecutado.

- La recomendación de que todo trabajador debe permanecer con la totalidad del equipo de protección, mientras esté realizando trabajos en línea viva.
- La orientación sobre la secuencia correcta de cubrimiento de los conductores y de la estructura donde se ejecutará el trabajo.

Antes de autorizar la iniciación del trabajo el jefe de cuadrilla deberá realizar una última verificación al lugar y a las estructuras, para asegurarse que el programa se pueda realizar en forma segura en las actuales condiciones de la red.

En cuanto a la frecuencia de las reuniones previas a la iniciación de los trabajos se tiene que:

Si los trabajos u operaciones a desarrollar durante el día de trabajo son repetitivos o similares, al menos una sesión de información debe ser dirigida antes del inicio del primer trabajo de cada día o turno de trabajo, y además.

Adicional a las sesiones de información deberá especificarse si hay cambios significativos que puedan afectar la seguridad de los empleados y que puedan presentarse durante el curso del trabajo; para ello las labores deberán detenerse y se deberá sostener otra reunión que permita establecer la nueva planificación que aplicará desde ese preciso momento y hasta finalización todos los procesos contemplados dentro de la secuencia de trabajo.

Hay que tener en cuenta que una sesión de información breve puede ser suficiente y satisfactoria si el trabajo a desarrollar es rutinario o si el trabajador, en virtud de su entrenamiento y experiencia, puede discernir razonablemente y reconocer los riesgos involucrados en el trabajo; por otro lado, si el trabajo es complicado o extremadamente peligroso, o si el empleado no puede discernir ni reconocer los riesgos involucrados en el trabajo se requerirá de una sesión de información mas detallada y por lo tanto mas extensa.

## **5.4 PRÁCTICAS DE TRABAJO SEGURO**

Las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad se usarán para proteger a los empleados de lesiones mientras están trabajando, sobre o expuestos a conductores eléctricos o a partes de circuitos energizadas.

A continuación se presentarán los diferentes aspectos referentes a las prácticas de trabajo seguro.

### **5.4.1. Precauciones al trabajar con equipo y líneas energizadas**

Los empleados que trabajen sobre equipo o líneas energizadas deberán cumplir aspectos cruciales para garantizar su seguridad y la del grupo de trabajo, entre los cuales se pueden mencionar:

- Equipo o líneas que transporten tensiones de corriente alterna con magnitudes que excedan los 600 V fase a fase deberán ser tratados con guantes aislados o herramientas de línea viva y todos los demás dispositivos de protección necesarios tales como mangas de línea, cubiertas, mangas y mantas aislantes que ofrezcan protección a los trabajadores ante contactos involuntarios y posibles descargas eléctricas deberán ser usados (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE" y herramientas en línea viva*).
- Las líneas energizadas deberán ser operadas desde abajo siempre que sea posible.

- Cuando se trabaje con equipos o líneas energizadas que transporten más de 600 V con respecto a tierra, habrá 2 trabajadores calificados para realizar el trabajo (*Ver números de trabajadores calificados por exposición a peligros*).
- Los trabajos no deberán ser realizados sobre equipos o líneas energizadas en presencia de lluvia, nieve, niebla u otra condición de humedad, excepto en emergencias extremas, si por supervisión se determina que pueden ser realizados de manera segura (*Ver condiciones ambientales*).
- Mientras se trabaje en la misma estructura, los empleados no deben trabajar simultáneamente con cables que posean diferente tensión (*Ver trabajos en una sola fase*).
- Se deberán usar guantes aislantes para el nivel de tensión apropiado y deberán estar al alcance de cada empleado que trabaje con equipos o conductores que transporten niveles de tensión iguales o superiores a los 600 V (*Ver consideraciones sobre el equipo de protección personal "PPE" y herramientas en línea viva*).

#### **5.4.2 Tendido y desplazamiento de conductores en contigüidad a líneas energizadas**

*Los empleados que cableen junto a líneas energizadas deberán seguir y realizar las siguientes prácticas de seguridad dentro del trabajo.*

- Cuando se realicen trabajos desde estructuras sobre conductores o subconductores, o por encima de conductores aterrizados, los conductores que están siendo tendidos deberán protegerse por tierras individuales instaladas en cada lugar de trabajo. Las tierras deberán ubicarse por lo menos cada 1000 metros, mientras los trabajadores estén en contacto con porciones de la línea que está siendo tendida.
- Cuando los trabajadores estén cableando junto a líneas energizadas deben seguir métodos de cableado especiales a través de los cuales se prevenga un contacto no intencional entre las líneas que están siendo manipuladas y las líneas contiguas energizadas.

Para realizar estos procesos se aconseja seguir la secuencia de acciones que se menciona a continuación.

- Ya que las cuerdas de mano no son suficientemente fuertes, para extender las líneas debe hacerse uso de una cuerda de polipropileno seco con un diámetro no menor a 19 milímetros (3/4 de pulgada).
- La cuerda de polipropileno debe ponerse en una posición adecuada para tirar el cable antes de intentar extenderlo y esta debe tener la longitud suficiente para alcanzar la distancia a la cual el cable va a ser halado.
- Después de esto, se procederá a sujetar el cable al final de la cuerda de polipropileno y halarla hasta ponerla en posición de tensión.
- Debe usarse un carro o un camión para halar el cable y hay que tener en cuenta que el conductor, en todo momento de la maniobra, debe tener en su campo visual al operador del carrete, con el fin de coordinar la dirección y velocidad de los movimientos del vehículo.
- El cable debe halarse de forma lenta y constante para prevenir que los cables se balanceen hacia los conductores energizados.

- El trabajador que se encuentra a cargo del control del vehículo debe permanecer atento para evitar que el cable se atore en las ramas de un árbol, maleza u otros obstáculos que puedan existir en el sitio de trabajo.
- A ningún trabajador se le debe permitir tocar un cable o conductor en el suelo sin guantes aislantes.
- Todos los equipos para tensionar deben estar efectivamente aterrizados.
- En lo que respecta al desplazamiento de conductores, cuando en un determinado trabajo a contacto haya necesidad de soltar una fase, los operarios deberán tener un cuidadoso control de la línea suelta en todo momento, asegurando ésta transitoriamente entre los intervalos de tiempo en que se requiera efectuar el traslado del conductor de un lugar a otro, mediante ya sea una correa, o una pequeña cuerda de polipropileno o cualquier otro medio adecuado de ligazón que evite una repentina caída del conductor sobre la estructura, o contacto, del mismo con otros conductores, equipos o derivaciones del sistema energizado.

Los medios de ligazón para los conductores liberados de estructuras con circuitos energizados o adyacentes, deberán estar secos y limpios para que el trabajador los pueda manipular segura y adecuadamente.

- Los trabajadores no deberán permanecer de pie debajo de conductores soportados por herramientas de línea viva.
- No se deben remover conductores energizados a más de 15 kV.

### **5.4.3 Número de trabajadores calificados por exposición a peligros**

Por la potencial exposición a partes energizadas dentro de las labores de trabajos eléctricos, independiente de las tensiones manejadas, que representa riesgos de descarga o arco eléctrico a través de los empleados, se hace necesario evaluar el número de trabajadores que se verán envueltos en las labores emprendidas.

Se recomienda más de un trabajador cuando se considere que la exposición al peligro se reduce con la presencia de personas adicionales.

Se requerirá de 2 empleados calificados para realizar el trabajo cuando éste se realice sobre:

- Equipos o líneas energizadas que transporten más de 600 V con respecto a tierra.
- Líneas desenergizadas en contacto con partes posiblemente energizadas.
- Equipo en contacto con líneas posiblemente energizadas.

### **5.4.4 Procedimientos para el cubrimiento de zonas energizadas**

Para proceder con el cubrimiento de la zona energizada de trabajo en un proceso de mantenimiento de redes energizadas a contacto, el operario deberá empezar siempre a aislar primero el conductor de la fase más cercana a él y, preferiblemente además, la inferior, dependiendo del tipo de configuración que se tenga, para luego proceder a cubrir el siguiente conductor más cercano y, así sucesivamente, continuar cubriendo el resto de la zona energizada aislándose siempre el operario a medida que progresa en el desarrollo de su labor.

Una vez que los trabajos hallan terminado, los protectores deberán ser removidos en el orden inverso a su instalación, es decir que los conductores más lejanos serán “liberados”

en primer lugar y los más cercanos al final. Después de desatados, los equipos de aislamiento deberán bajarse inmediatamente a tierra.

#### **5.4.5 Porte de artículos metálicos**

Con el fin de disminuir los riesgos asociados a contactos involuntarios con partes energizadas o para evitar que un trabajador pueda engancharse mientras esté ascendiendo o descendiendo estructuras, equipo o vehículos, los trabajadores no deberán usar artículos como pulseras de reloj, brazaletes, anillos, llaveros, cadenas, delantales metalizados, ropa con hilos conductores, cascos metálicos, gafas con montura de metal, entre otros.

Deberá evitarse la utilización de cremalleras y cierres metálicos en la ropa que vistan los operarios que realicen labores en áreas energizadas y en el caso en que se requiera el uso de cintas métricas, o reglas, estas no deben estar construidas de materiales conductores.

#### **5.4.6 Aproximación con poca visibilidad**

Se debe proveer una adecuada iluminación antes de que se les permita a los trabajadores ingresar en espacios que contengan partes energizadas con el fin de evitar problemas relacionados con contactos accidentales con partes vivas.

#### **5.4.7 Trabajos en una sola fase**

Los operarios que realicen un trabajo a contacto deberán ejecutar su labor exclusivamente en una sola fase con el fin de evitar un contacto simultáneo de la fase intervenida con otra superficie viva o cualquier parte de la estructura.

En este tipo de trabajo todos los equipos y conductores energizados y también las derivaciones de línea a dichos equipos, o equipo a potencial de tierra que pueda crear un riesgo eléctrico, debe ser cubierto con equipo de protección ya sea de polietileno o de caucho, de clase y características nominales adecuadas a la tensión de la red sobre la que se ejecuta el servicio y siguiendo los procedimientos enunciados anteriormente con relación a este apartado.

#### **5.4.8 Normas para trabajos aéreos**

##### **5.4.8.1 Ascenso y descenso de material**

Las herramientas, equipos pequeños y materiales en general deben bajarse o subirse en una bolsa para herramientas. La bolsa para herramientas deberá ser inspeccionada antes de usarse para comprobar que no contenga vidrios rotos u otro material que pueda cortar al trabajador sus manos o sus guantes aislantes. Es importante verificar que este medio de ascenso y descenso de material no tenga ninguna parte metálica en su construcción.

Por otro lado, los empleados que están trabajando a nivel del suelo deberán ubicarse donde no puedan ser golpeados con material que los trabajadores que están arriba dejen caer.

##### **5.4.8.2 Consideraciones sobre el escalamiento de estructuras**

Antes de escalar postes, escaleras, u otras estructuras similares, o antes de trabajar en andamios, los trabajadores deberán realizar una inspección cuidadosa para determinar si las estructuras son seguras y se encuentran apoyadas apropiadamente.

Los trabajadores no deberán llevar objetos en sus manos mientras asciendan o desciendan estructuras, sin embargo, pequeños objetos o herramientas pueden ser llevados en los bolsillos o en estuches.

Si más de una persona necesita trabajar en un poste o estructura simultáneamente, el primer trabajador debe alcanzar su posición de trabajo antes de que el otro deje el suelo, normalmente, ningún empleado debe trabajar directamente debajo de otro en la misma estructura, a menos que sea una emergencia, y cuando esto sea necesario, se deben tomar cuidados especiales para prevenir que herramientas u otros objetos caigan sobre el empleado que está debajo.

### **5.4.8.3 Trabajos sobre conductores energizados**

Dentro de las precauciones que se deben tener cuando se están realizando trabajos aéreos con conductores energizados se tienen:

- El liniero que utilice la ropa conductiva se debe vestir en el piso cerca de la torre y sólo la debe utilizar para trabajos a potencial.
- El jefe de trabajo y el liniero que va a usar la ropa conductiva le deben realizar una inspección ocular detallada buscando rasgaduras o huecos que puedan ocasionar choques eléctricos de alguna magnitud.
- Es importante que el liniero utilice casco dieléctrico y se debe cerciorar que la capucha conductiva cubra el casco hasta la frente, en tal forma que el espacio para la cara sea lo más pequeño posible.
- El liniero que va a trabajar a potencial debe estar aislado de tierra o de cualquier objeto que esté a una tensión distinta que la del dispositivo a intervenir.
- Para someter o entrar al liniero a la tensión de línea, se debe producir un contacto inicial con el conductor energizado utilizando la pértiga de contacto.
- Se debe comprobar que el vestido mediante la cola conductiva, tenga un buen contacto eléctrico con la parte metálica (grapa) de la pértiga de contacto.
- Para acercarse, hacer contacto o alejarse del conductor energizado se deben cumplir con las siguientes precauciones:
  - Si se utiliza la escalera aislante como medio para acercar el liniero al conductor o parte energizada, se debe sujetar a la escalera con el cinturón de seguridad y en una posición cómoda que le permita ubicarse frente al conductor energizado al nivel de la cara.
  - El movimiento de acercamiento de la escalera hacia el conductor o parte energizada debe ser lento y uniforme, que no perturbe el equilibrio del liniero. El movimiento de la escalera debe ser controlado desde la estructura, mediante el uso de pértigas para éste fin.
  - Cuando el liniero esté a una distancia aproximada de 50 o 60 centímetros del conductor energizado, debe ejecutar el contacto inicial en forma rápida, fuerte y segura, verificando que la grapa de la pértiga de contacto quede bien sujeta al conductor para que la conexión sea perfecta.
  - Finalizando el trabajo, el liniero debe retirarse unos 50 o 60 centímetros del conductor energizado para luego desconectar la pértiga de contacto en forma

rápida, fuerte y segura. El liniero debe estar prevenido, pues cuando efectúe la maniobra se presenta un arco voltaico de aproximadamente 15 a 20 centímetros.

- El movimiento de alejamiento de la escalera y del liniero se debe ejecutar en forma lenta, uniforme y segura.
- Al regresar a la estructura el liniero debe drenar o descargar la carga electrostática, mediante el uso de una pértiga estática agarrada fuertemente.
- El liniero no debe realizar ningún contacto con objetos que no estén sometidos a la misma tensión. Toda herramienta o material que se le pase se debe poner en contacto con el conductor energizado antes de entrar en contacto con el liniero.
- Cuando se esté trabajando cerca de otros conductores con tensión diferente, estos se deben alejar en tal forma que los equipos o linieros no entren en contacto accidental.

Para trabajos en canasta se debe tener en cuenta que:

- El piso en el lugar de trabajo debe ser cuidadosamente examinado para asegurar que las ruedas del camión y las zapatas queden firmemente apoyadas.
- Se debe tener especial cuidado con la presencia y localización de los conductores y objetos cercanos antes que el camión se mueva dentro del área de trabajo.
- Por ningún motivo se debe mover el camión cuando se trabaja en la canasta.
- A ninguna persona se le debe permitir estar cerca del camión canasta mientras el brazo esté extendido.
- El liniero que trabaja desde la canasta o plataforma debe estar asegurado a la misma con el cinturón de seguridad.
- Cuando estén dos hombres trabajando en la misma canasta, sólo se debe trabajar en el mismo conductor (Fase) simultáneamente y sólo uno de ellos debe ser responsable del movimiento del brazo de la canasta.
- El camión debe aterrizar por medio de un conductor, cuyo calibre sea mayor o igual a A.W.G. No 2 de cobre.
- Cuando se trabaje a tensiones menores que 20 kV se debe utilizar mangas y guantes dieléctricos, debido a la cercanía entre fases.
- Los conductores que estén cubiertos no se deben utilizar como soportes de herramientas o del cuerpo del operario

#### **5.4.8.4 Procedimientos de trabajo**

Cuando los trabajadores estén a punto de empezar el trabajo y requieran el uso de elementos aislantes, se deberá subir o elevar los materiales a una posición que no sobrepase la primera línea de conductores.

Al subir los elementos los trabajadores deben determinar sus posiciones de trabajo y las líneas u otros conductores que deben ser cubiertos.

Después de esto se procederá a solicitar los elementos a instalar.

Antes de seguir adelante, los trabajadores se pondrán los guantes aislantes y sus protectores de cuero cerciorándose de que estos se encuentran en buen estado.

Cuando los trabajadores asciendan hasta su posición de trabajo, ellos deberán cubrir todos los conductores y tierras adyacentes al espacio de trabajo que puedan representar riesgos, incluyendo aquellos elementos que queden cercanos ante cualquier posible cambio de posición que sea necesario dentro del trabajo. En ningún momento los obreros circularán a través de líneas o equipos energizados antes de que sean cubiertos con sus respectivos elementos aislados (guardas de línea).

Cuando las mangas de línea sean ubicadas sobre cables verticales o con cierta curvatura, estas deben atarse a la línea para prevenir que resbalen.

Cuando se usen mantas para cubrir objetos como fines de línea, perchas secundarias, y transformadores, entre otros, estas deberán asegurarse por abrazaderas o correas de plástico.

Después de que el equipo de protección ha sido ubicado, deberán tomarse las precauciones necesarias para prevenir daños al aislante de todos los objetos que lo posean durante el desarrollo de los trabajos que se están realizando.

#### 5.4.9 Condiciones ambientales

Con el fin de evitar alteraciones en las propiedades dieléctricas de los equipos de protección y del medio de trabajo en general, **NO SE DEBEN REALIZAR** trabajos de mantenimiento de líneas o redes energizadas o en caliente cuando existan indicios o presencia de lluvias y tormentas eléctricas o descargas atmosféricas en la zona de trabajo.

Se puede hacer una excepción en casos de emergencias extremas siempre y cuando por supervisión se determine que los trabajos pueden ser realizados de manera segura.

Se recomienda **NO iniciar un servicio** cuando las condiciones ambientales del sitio del trabajo no sean las adecuadas y se tenga un porcentaje de humedad relativa demasiado alto, como sucede en las primeras horas de la mañana, especialmente cuando la noche anterior ha sido de lluvia.

El procedimiento que se debe llevar a cabo en el sitio de trabajo cuando se cuente con condiciones climáticas poco favorables para la resolución de trabajos en línea viva es el que se enuncia a continuación.

- Si durante la realización de un trabajo en redes y líneas energizadas o en caliente se precipita repentinamente una lluvia, **se debe dejar instalado** el equipo y proceder de inmediato y ordenadamente al descenso del personal o linieros de la torre o poste.
- Tanto el personal de tierra como los linieros una vez bajen se deben retirar de la estructura (Torre o poste) a una distancia segura y prudencial que los proteja de una descarga a tierra.
- Una vez cese la lluvia y/o las descargas atmosféricas se debe esperar un tiempo prudencial para continuar con el trabajo, teniendo la precaución de secar muy bien todo el equipo aislado (pértigas y plataformas) con un trapo suave.
- El jefe de trabajo es la única persona que debe considerar si el mantenimiento se continúa o se suspende hasta el día siguiente.

### **5.4.10 Acciones prohibidas mientras se trabaja**

Como parte fundamental para llevar a cabo los trabajos sobre líneas energizadas de manera apropiada, a continuación se mencionan una serie de acciones que todo empleado que vaya a ejercer este tipo de labores debe evitar, por considerarse peligrosas para la integridad del mismo o de sus compañeros de trabajo.

#### **5.4.10.1 Hacer bromas**

Cada operario deberá estar siempre atento, evitando en todo momento involucrarse en bromas físicas o luchas que puedan exponer innecesariamente a otros trabajadores que estén alrededor a riesgos de lesión.

#### **5.4.10.2 Ser descuidados**

Un operario descuidado, inseguro o imprudente es una amenaza de accidente para sí mismo y para sus compañeros, por tanto, se deberá retirar de las labores sobre equipos o redes energizadas.

#### **5.4.10.3 Consumir alcohol, tóxicos o drogas**

El consumo de alcohol o el uso de drogas ilegales o medicinas no prescritas deberá ser estrictamente prohibido. Además, si el supervisor inmediato se percata de que el trabajador está bajo la influencia de alcohol o drogas, por insignificante que haya sido la ingestión de éstas, deberá remover a éste del sitio de trabajo.

#### **5.4.10.4 Trabajar enfermo o bajo estrés emocional**

A los empleados no debe permitírseles intencionadamente que trabajen en áreas que contengan partes con corriente ú otros peligros eléctricos mientras su estado de alerta esté notablemente limitado por enfermedad, fatiga, u otras razones.

Cuando el operario no se encuentre en adecuadas condiciones (físicas y emocionales) para desempeñar las labores normales de Línea Viva, deberá ejecutar tan solo labores auxiliares de menos responsabilidad en el piso, sin permitírsele de ninguna manera que ascienda a la estructura.

## **5.5 ACCIONES Y CONDICIONES SIGNIFICATIVAMENTE INSEGURAS**

A continuación se presenta una serie de acciones y condiciones que se deben evitar dentro de un proceso de trabajo sobre línea viva.

- Operar sin autoridad sobre un equipo o sistema energizado.
- Fallar al advertir o proteger a los demás.
- Operar o trabajar a velocidades inseguras.
- Deshabilitar dispositivos de seguridad sin autorización.
- Usar equipo inseguro (las manos en lugar del equipo) o el equipo de forma inadecuada.
- Tomar posiciones o posturas inseguras.
- Trabajar en equipo en movimiento o peligroso.

- Distracciones, burlas, abusos, asustar.
- Fallas en el uso de ropa adecuada o de equipos de protección personal.

## 5.6 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL “PPE” Y HERRAMIENTAS PARA TRABAJOS EN LÍNEA VIVA

El uso adecuado, selección propia, mantenimiento y pruebas convenientes del equipo de protección y de las herramientas para trabajos en línea viva, suministra a los operarios la protección necesaria contra descargas eléctricas y otros riesgos inherentes a los trabajos sobre equipos o redes energizadas, como también los protege de las consecuencias de procedimientos erróneos o de sucesos imprevistos en el proceso de desarrollo de las labores asignadas para cada uno de ellos.

Es por esto que se considera de vital importancia tener en cuenta el conjunto de consideraciones que se mencionan a continuación con referencia a este apartado.

### 5.6.1 Requisitos para la selección de equipo de protección personal “PPE” y herramientas para trabajos en línea viva

Una de las consideraciones mas importantes en la selección del equipo de protección personal “PPE” y herramientas para trabajos en línea viva es, que éste tipo de dispositivos sean apropiados para la tensión de línea de los equipos o sistemas a intervenir, tal y como se indica en la tabla 4.

Tensión máxima de uso [V]	Clase	Color de la etiqueta	Tensión de prueba [V]
1 000	0	Rojo	5 000
7 500	1	Blanco	10 000
17 000	2	Amarillo	20 000
26 500	3	Verde	30 000
36 000	4	Naranja	40 000

**Tabla 4. Tensión máxima de uso para elementos aislantes de caucho.**

Por otro lado y con el fin de realizar una buena escogencia del equipo y de la herramienta, el personal que trabaja sobre equipos o líneas energizadas además de conocer la construcción, función de diseño y la maniobrabilidad de los mismos debe tener en cuenta que los dispositivos tengan:

- Excelentes cualidades de aislamiento eléctrico.
- Alta resistencia mecánica:
  - Resistencia a la flexión.
  - Resistencia a la torsión.
  - Resistencia a la tracción.
  - Resistencia a la compresión.
  - Resistencia a la rotura.
  - Resistencia al impacto.

- Peso mínimo.
- Facilidad de manipulación.
- Adaptabilidad a los diversos tipos de redes y líneas.
- Facilidad de mantenimiento y reparación.

### **5.6.2 Inspección y prueba del equipo de protección personal**

Es aconsejable efectuar inspecciones periódicas a todo el equipo de protección y herramientas de trabajo en línea viva, para estar completamente seguros de que se encuentran en perfecto estado, de tal modo que se pueda garantizar su uso en cualquier caso que se requiera.

Tanto el equipo de protección personal como las herramientas para trabajos en línea viva deberán ser inspeccionados antes de cada trabajo y al culminar el mismo, con el fin de detectar fallas en ellos para posteriormente comunicarlas al jefe de cuadrilla o al encargado de la seguridad del personal en el sitio de trabajo y evaluar conjuntamente la gravedad de la situación e implementar las medidas correctivas adecuadas para la solución de éste problema.

La responsabilidad de realizar los procesos de inspección en el lugar de trabajo es tanto del jefe de cuadrilla como de la totalidad de los operarios que se van a ver involucrados en los trabajos con equipos o redes energizadas, mientras que para el equipo de protección y herramientas que se encuentran almacenadas por largos lapsos de tiempo, la responsabilidad recae en el inspector de seguridad y en el jefe de trabajos en línea viva.

Independiente de la frecuencia de las inspecciones, los intervalos de prueba para el equipo de protección personal y para las herramientas para trabajos en línea viva no deben exceder los dos meses.

### **5.6.3 Protección de la cabeza**

Los empleados deberán usar protección no conductora para la cabeza donde quiera que haya peligro de lesiones debidas a choques eléctricos o quemaduras por el contacto con partes energizadas o de objetos que salgan despedidos como resultado de una explosión por arco eléctrico.

Los trabajadores deberán usar cascos aprobados cuando:

- Trabajen sobre postes, estructuras, edificios o árboles.
- Trabajen en tierra cerca de postes, estructuras, edificios, o árboles en los cuales un trabajo esté siendo desarrollado.
- Visiten o inspeccionen áreas en donde un trabajo aéreo está siendo desarrollado.

### **5.6.4 Protección de los ojos**

Siempre que los ojos estén en peligro de ser lesionados durante trabajos de línea viva, los operarios deberán usar gafas protectoras u otros protectores de los ojos contra rayos ultravioleta, de un matizado de densidad mínima de 2,5.

La protección ocular, antes mencionada, no debe presentar en su construcción ningún objeto metálico con el fin de evitar riesgos por descarga de arco o por contactos accidentales con las partes energizadas.

## **5.6.5 Protección del cuerpo**

Los empleados deberán usar ropa resistente a la llama donde pueda haber exposición a una descarga de arco.

Esta ropa puede ser provista con camiseta y pantalón, o con un “cubretodo”, o para protección máxima, con “cubretodo” y chaqueta.

### **5.6.5.1 Características de la ropa para protección del cuerpo**

Para éste tipo de prendas se pueden conseguir telas de diferente peso, 4, 6, ó 10 onzas, en donde el grado más alto de protección está dado por las telas de mayor peso o por combinaciones de ropas de fibra natural resistentes a la descarga eléctrica.

En cuanto a los materiales de construcción, se tiene que las prendas usadas deben estar preferiblemente constituidas por algodón especial retardante de fuego o fibras de meta-aramid, para-aramid, y polibenzimidazol (PBI), que proveen protección térmica y además añaden fortaleza a la tela para evitar que se rompa debido a la energía expedida por la onda explosiva del arco eléctrico.

### **5.6.5.2 Características de la ropa de trabajo**

La vestimenta de trabajo deberá ser hecha de materiales naturales, como algodón o lana, debido a que otras telas pueden ser, en algún grado, conductivas y, además, las de algodón son bastante frescas y ayudan a absorber más fácilmente el sudor, o de materiales resistentes al fuego y deberán contar con mangas que cubran la totalidad del brazo.

### **5.6.5.3 Consideraciones con respecto a la ropa para protección del cuerpo y a la ropa de trabajo**

Hay una serie de aspectos importantes que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar la indumentaria de protección y de trabajo para los operarios que trabajen sobre equipos y sistemas energizados, entre los cuales se tienen:

#### **5.6.5.3.1 Movilidad y visibilidad**

Cuando se use ropa especial resistente al fuego o retardante de fuego, ésta debe cubrir todas las prendas de material inflamable y debe permitir una buena movilidad y visibilidad.

#### **5.6.5.3.2 Cobertura**

La ropa protectora deberá cubrir partes potencialmente expuestas tanto como sea posible.

#### **5.6.5.3.3 Comodidad**

Deberá evitarse la ropa muy apretada con el fin de minimizar la fatiga y la reducción de flexibilidad y confortabilidad en el trabajo, además de que con la ropa suelta se obtiene aislamiento térmico adicional debido a los espacios de aire.

#### **5.6.5.3.4 Interferencia**

La ropa seleccionada debe interferir en lo mínimo con el trabajo, pero aún así proveer la protección necesaria.

### 5.6.5.3.5 Derretimiento

Se recomienda no usar prendas hechas con materiales sintéticos como el poliéster, nylon, y las mezclas de sintéticos y algodón ya que estas se derretirán en la piel cuando sean expuestas a altas temperaturas y agravarán las quemaduras.

### 5.6.5.3.6 Inflamabilidad

El algodón, el algodón-poliéster, seda, y telas de nylon son inflamables. El algodón tratado retardante de fuego, las telas de meta-aramid y para-aramid pueden encenderse pero no se seguirán quemando después de que se alejen de la fuente de ignición.

La ropa hecha de materiales naturales como el algodón, lana o seda se aceptarán si se determina por medio de análisis de peligro de descargas que la tela no se encenderá y continuará quemándose bajo las condiciones de exposición al arco.

### 5.6.6 Protección de manos y brazos

Los empleados deberán usar guantes y mangas aislantes de caucho donde haya peligro de lesiones en manos y brazos causadas por choques eléctricos por entrar en contacto con partes energizadas o donde haya posibilidad de exposición a una quemadura por descarga de arco.

Cuando no sean requeridos los guantes aislantes necesarios para trabajos en alta tensión, pero, se manipulen materiales y equipos, se requerirá el uso de guantes de trabajo para prevenir posibles cortaduras e irritaciones de piel.

### 5.6.7 Protección de pies

Los empleados que vayan a realizar trabajos en subestaciones, líneas de transmisión o redes de distribución energizadas deberán usar zapatos **no conductivos**, en los que ninguna parte metálica estará presente en su construcción.

De considerarse necesario se usarán cobertores dieléctricos de zapatos como protección contra tensiones de paso o de contacto.

### 5.6.8 Almacenamiento del equipo de protección personal

El almacenamiento correcto es un factor que garantiza la conservación de las propiedades aislantes y las características de diseño del equipo y de las herramientas aisladas, por ello se presentan las siguientes consideraciones al respecto:

- El equipo de protección de caucho no deberá ser guardado húmedo, o sucio, a no ser que sea temporalmente, debido por ejemplo a una lluvia inesperada, después de lo cual deberá ser limpiado y secado con un trapo limpio.
- El almacenamiento del equipo de caucho se deberá efectuar de preferencia en un lugar oscuro, seco y fresco.
- Al guardar el equipo de protección flexible debe observarse cuidadosamente que no vaya a quedar sometido a esfuerzos mecánicos de tensión o de compresión, o quedar doblado, debido a que el caucho puede tomar curvaturas permanentes cuando es deformado de su posición natural por tiempo prolongado.

- Los equipos y herramientas se deben almacenar en cuartos designados y adecuados para este fin, en soportes y/o trípodes que eviten el contacto con superficies que puedan ocasionar daños al equipo.
- Para transportar el equipo de protección y las herramientas para trabajos en línea viva se debe contar con un trailer o remolque especializado.
- Cuando no se cuente con el remolque especializado, lo equipos y herramientas se deben transportar en fundas de lona, que los proteja de golpes, rayones y humedad.

Para los diferentes implementos del equipo de protección flexible se deberá tener en cuenta:

### **5.6.8.1 Guantes y mangas de caucho**

El correcto almacenamiento de los guantes y mangas aislantes es lo más importante después de las pruebas, estos deben ser siempre guardados y mantenidos en condiciones de utilidad inmediata.

Las mangas y guantes deberán ser almacenados, en cuanto sea posible, en un área fresca y oscura, y por parejas en cajas. Deberá evitarse su almacenamiento en áreas donde puedan estar expuestos a los rayos del sol, ya sea directamente o a través de ventanas, o donde pueda haber flujo de corrientes de aire caliente sobre ellos o cerca de tuberías de vapor o de radiadores.

Este equipo de protección no deberá ser almacenado en el mismo cuarto donde se realizan las pruebas eléctricas del equipo. El ozono generado durante las operaciones de prueba ataca el caucho de los guantes y mangas, si ellos son dejados en el área de prueba durante un período de tiempo bastante prolongado.

Se deberá almacenar las mangas de caucho preferiblemente extendidas, y colocadas una al lado de la otra, en una talega o recipiente de lona, de forma tal que queden en ella totalmente extendidas longitudinalmente, sin arrugas, o metiendo la izquierda dentro de la derecha, hasta que sean nuevamente usadas. Si las mangas van a ser usadas inmediatamente después de la limpieza, podrán ser enrolladas, pero longitudinalmente, y colocadas en esa forma en un recipiente tubular.

Las mangas no deberán ser dobladas o enrolladas por su parte angosta (extremo inferior que queda en zona de la muñeca) hacia la parte ancha (extremo superior que queda en zona del hombro), debido a los muchos puntos de tensión y esfuerzo mecánico que se presentan cuando se hace esto.

Los guantes y mangas deberán ser guardados en sus bolsas especiales de lona, en los compartimientos, acondicionados para tal fin, del camión-canasta, mientras no se encuentren en uso en el lugar de trabajo. No deberá guardarse este equipo en la parte delantera del vehículo, porque el calor generado por el motor podría acelerar su envejecimiento y deterioro.

### **5.6.8.2 Cobertores de conductores y aisladores**

Las mangueras se deberán almacenar completamente relajadas, en su posición normal, y los cobertores preferiblemente dentro de sus recipientes de embarque, si se dispone aún de ellos, colocando las cajas una tras otra, para así conservarlos en su forma original.

Las mangueras se deberán colocar para su almacenamiento sobre una superficie horizontal, plana y continua, en compartimientos adecuados a su longitud, de tal modo que éstas en ningún momento puedan combarse en el centro, ya que esto puede crearle condiciones de esfuerzo mecánico que deben evitarse.

En el vehículo las mangueras y los cubre-aisladores nunca deberán ser usados como base para colocar encima de ellos aisladores, crucetas o herrajes, sino que se deberán acomodar adecuadamente en las gavetas especiales del carro.

### **5.6.8.3 Mantas de caucho**

El almacenamiento adecuado de las mantas es de primordial importancia para su conservación. Las mantas siempre deberán ser almacenadas completamente extendidas si se hallan en un cuarto especial de almacenamiento o enrolladas en un recipiente especial portamantas si se llevan en los compartimientos especiales del vehículo para algún servicio.

No se deberá usar cinta aislante plástica adhesiva para mantener las mantas enrolladas, debido a que la cinta puede llegar a penetrar la superficie de la manta y dicha cinta, al ser retirada, podría arrancar el pedazo de la superficie donde fue fijada y por lo tanto, destruir la manta con esta operación.

Las mantas nunca deberán ser almacenadas, dobladas, arrugadas o apretujadas de cualquier manera. En atención a esto último, por tanto, no deben colocarse objetos encima de ellas, puesto que esta operación podría deformarlas.

Se deberá evitar que las mantas queden sujetas a cualquier tipo de tensión o esfuerzo mecánico mientras estén almacenadas, para evitar que éstas tomen una deformación permanente.

Las mantas de caucho, al igual que los guantes y las mangas, no deberán ser almacenadas donde puedan quedar expuestas a los rayos directos del sol, o en áreas donde pueda fluir sobre ellas corrientes de aire caliente, ya que esto puede acelerarles el envejecimiento y originarles posibles agrietamientos.

### **5.6.9 Pruebas, reparación y mantenimiento del equipo de protección personal y de las herramientas para trabajos en línea viva**

- Para seguridad de los linieros y cuidado del equipo se recomienda antes y después de cada trabajo, efectuarle al equipo aislado, a las herramientas, a los accesorios y a los elementos de protección personal, un mantenimiento preventivo, además de las pruebas mecánicas y eléctricas recomendadas por el fabricante.
- Cuando el mantenimiento de redes y líneas energizadas es prolongado se recomienda programar un mantenimiento correctivo a la totalidad del equipo, de acuerdo con las normas de fabricación.
- Se debe establecer un periodo para someter los equipos y herramientas que estén destinados a soportar cargas de tensión, suspensión y compresión (yugos, pértigas de puntos, grapas y otros) a un chequeo con rayos X o de ultrasonido y pruebas de resistencia mecánica para comprobar si se han presentado fisuras internas y deformaciones por sobrecargas.
- Pruebas mecánicas:
  - Resistencia a la flexión

- Resistencia a la torsión
- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la compresión
- Resistencia al impacto
- Resistencia a la rotura

Cualquier anomalía en los equipos y herramientas sometidos a estas clases de chequeos es motivo para retirarlos de servicio.

En cuanto a la reparación y mantenimiento se tiene que:

- Para recuperar las superficies lisas de las pértigas y bastones se debe usar lija fina (00), luego sacarlas y pintarlas con barniz dieléctrico (Para mayor información sobre el método de adecuación de las pértigas, el lector se podrá remitir al capítulo tres del presente documento).
- Cuando las partes metálicas de los equipos y herramientas aisladas presenten deterioro se deben reemplazar por partes nuevas, nunca se deben soldar.

### **5.6.10 Otras consideraciones sobre el equipo de protección personal y herramientas para trabajos en línea viva**

El personal que labore en línea viva deberá tomar medidas para controlar que todo el equipo de protección y las herramientas en línea viva estén debidamente inspeccionados, mantenidos, probados y guardados adecuadamente, de tal modo que se hallen en perfectas condiciones de seguridad para ser utilizados en cualquier momento.

Por tanto, cada operario deberá familiarizarse completamente con el equipo suministrado para su protección y cubrimiento tanto de zonas energizadas como de estructuras, al igual que con las herramientas necesarias para intervenir equipos o sistemas energizados, así que además de las diferentes recomendaciones tratadas hasta este momento, se deberán tener en cuenta las siguientes:

- Ningún operario podrá ingresar a la canasta o plataforma aislada y, menos aún a la zona energizada de trabajo, sin su adecuado equipo de protección personal.
- Bajo ninguna circunstancia, los operarios deberán quitarse sus elementos de protección personal, cuando se encuentran en la zona energizada de trabajo o cerca de ella.
- Los guantes de caucho deberán ser inspeccionados visualmente, junto con los guantes protectores de cuero antes de ser usados.
- Los guantes y mangas de caucho deberán ser cambiados siempre que estén dañados, o cuando el operario a quien hayan sido asignados tenga dudas del estado de su aislamiento.
- Tanto el equipo de protección como las herramientas deberán ser usados adecuada y cuidadosamente, evitando de esta manera que se presenten situaciones riesgosas.

Es importante tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Mantener los equipos y herramientas secos.
- Los equipos y herramientas no se deben colocar en el suelo o piso, siempre se debe utilizar una lona seca y limpia.

- Los equipos y herramientas aisladas expuestas a la humedad se deben secar y limpiar correctamente, tan pronto sea posible.
- Los equipos y herramientas aisladas que sufran deterioro, rayaduras, manchas, y otros, se deben retirar de servicio y pasar a reparación. Cuando no es posible su recuperación, se deben dar de baja.
- Especial atención se le debe prestar a las partes metálicas de los equipos y en especial aquellos que son sometidos a esfuerzos mecánicos de tensión, siempre que el equipo lo permita se debe reemplazar la parte metálica dañada por una nueva.
- Antes de usar cualquier equipo y herramienta aislante se deben verificar sus condiciones de aislamiento, de acuerdo con los niveles de tensión donde se va a utilizar.
- Finalmente hace responsable al jefe de trabajo de revisar todos los equipos de protección personal del grupo o cuadrilla y de realizar una confrontación o un inventario del personal, equipo y herramienta utilizada en el trabajo de mantenimiento con la finalidad de constatar faltantes.

### **5.6.11 Mangas de línea de caucho, capuchas, cobertores, mangas, y mantas**

Los linieros deberán usar mangas aislantes de caucho para proveer protección contra descargas eléctricas y quemaduras en las áreas de los brazos y hombros. Ellas están disponibles en varios y diferentes tamaños, diseños, y espesores dependiendo de la máxima tensión para las que están diseñadas para proteger.

La manga de la línea aislante (mangas flexibles) es usada como un cobertor aislante de los conductores eléctricos para proteger contra contactos accidentales. La composición y diseño de estas mangas les permiten ubicarse fácilmente sobre los conductores. Están disponibles en varios diámetros, tamaños, y composiciones.

Los cobertores aislados son usados en conjunto con las mangas de línea para cubrir un aislador y el conductor asociado a él para protección contra contactos accidentales.

Las mantas aislantes de caucho son hojas moldeadas de elastómeros sintéticos o caucho aislante, usualmente de forma cuadrada o rectangular, diseñadas para cubrir equipo eléctrico energizado para prevenir contacto directo accidental de los trabajadores eléctricos.

Las mantas deben enrollarse y ubicarse dentro de contenedores recubiertos con lona de protección. No deben ser plegadas o mantenerse juntas con cintas, no deben amontonarse en la parte superior de los contenedores, o ubicarse cerca de superficies calientes.

### **5.6.12 Herramientas de escalamiento**

Los trabajadores autorizados para escalar postes o estructuras de soporte de líneas de transmisión o redes de distribución deberán contar con un juego completo de herramientas aprobadas para éste tipo de labores.

Los empleados que en sus trabajos de mantenimiento se vean involucrados con el escalamiento de tales estructuras deberán aplicar las siguientes normas:

- Todas las herramientas de escalamiento deberán ser inspeccionadas frecuentemente por el trabajador que las use.

- Los dispositivos de escalamiento que presenten algún daño no deben repararse, deben reemplazarse inmediatamente.

### **5.6.13 Arnese y cinturones de seguridad**

Los empleados que usen arneses o cinturones de seguridad (equipo de soporte para la realización del trabajo) deberán aplicar lo siguiente:

- Todo arnés o cinturón de seguridad deberá ser inspeccionado antes de cada trabajo por el empleado que lo use.
- Los trabajadores deberán usar cinturones de seguridad y arneses cuando realice cualquier trabajo que involucre peligros de caídas.
- Los arneses y cinturones de seguridad no deben almacenarse con herramientas o dispositivos afilados.

### **5.6.14 Hachas de mano y herramientas afiladas**

Cuando se trabaje con hachas de mano y herramientas afiladas se debe cumplir con lo siguiente:

- No deben usarse hachas de mano u otras herramientas afiladas en trabajos aéreos.
- Cuando estén fuera de uso las herramientas afiladas deben ser protegidas dentro de recipientes adecuados.

### **5.6.15 Escaleras aisladas**

Dentro del mantenimiento de líneas energizadas o en caliente, la escalera aislante tiene un tratamiento especial, pues es uno de los medios utilizados para ubicar al liniero en trabajos a distancia y a potencial, cerca o en contacto directo de un conductor o parte energizada.

Respecto a este apartado se hace necesario contemplar los siguientes aspectos:

#### **5.6.15.1 Resistencia a la tensión**

La escalera aislante se usa como soporte del liniero para realizar trabajos a distancia y a potencial siempre y cuando la tensión del circuito entre fases exceda de 30 kV.

#### **5.6.15.2 Montaje e inspección**

El montaje de la escalera aislante puede ser de dos formas, horizontal o vertical. Se debe tener especial cuidado al seleccionar el sitio o lugar de instalación de acuerdo al tipo de estructura y si se requiere o no de la extensión.

Para el montaje vertical, los ganchos anclados a la estructura se aseguran con cadenas y de acuerdo a la longitud de la escalera y el sitio donde se va a ubicar el liniero, se le coloca una pértiga de alejamiento para controlarla desde la estructura de la torre.

Para el montaje horizontal se debe instalar un yugo sobre un soporte giratorio apoyado y sujetado con grapas a la estructura de la torre.

Este sistema se acopla por medio de un aparejo al extremo de la torre, que permite controlar la horizontalidad de la escalera. Como norma de seguridad, el jefe de trabajo debe inspeccionar que el montaje esté completo, correcto y seguro antes de utilizarlo.

### 5.6.15.3 Introducción del liniero a la escalera

Para introducir el liniero en una escalera montada verticalmente, se debe arrimar la escalera a la estructura de la torre y no se puede mover hasta que el liniero alcance la ubicación y posición deseada.

Cuando la introducción es sobre una escalera montada horizontalmente, el liniero se debe montar y en esta posición se debe mover hasta alcanzar la ubicación deseada.

Con excepción del momento de montar o desmontar la escalera, el liniero debe permanecer constantemente atado o sujeto a ella mediante su cinturón de seguridad.

Después de alcanzar la ubicación y posición en la escalera con montaje horizontal, el liniero puede escoger la posición más cómoda para trabajar, es decir, sentado o de pie, pero lo importante es no sacrificar seguridad o comodidad por maniobrabilidad.

### 5.6.15.4 Control de la escalera

Los movimientos de la escalera ya sea en montaje horizontal o vertical, deben ser estrictamente controlados desde la estructura de la torre, vigilando en todo momento las distancias de seguridad permisibles.

### 5.6.15.5 Prueba eléctrica

Los chequeos se deben ejecutar una vez se termine el montaje horizontal o vertical de la escalera aislante y antes de iniciar los trabajos.

La escalera se desplaza hasta que los dos pasamanos libres hagan contacto eléctrico con el conductor energizado. Mediante un micro-amperometro instalado entre la escalera y la torre, se mide la corriente (microamperes) que está pasando a través de la escalera a la estructura. Sólo se puede ejecutar el trabajo si después de un minuto de instalado el micro-amperometro marca menos de medio microampere por cada kilovolt de fase a tierra.

$$kV_{\text{fase-tierra}} = \frac{kV_{\text{fase-fase}}}{\sqrt{3}}$$

#### Ejemplo:

- 115 kV fase-fase equivale a 66,4 kV fase-tierra y el micro-amperometro no debe exceder de  $0,5 \cdot 66,4 = 33,2$  microamperes.
- 230 kV fase-fase equivale a 132,8 kV fase-tierra y el micro-amperometro no debe exceder de  $0,5 \cdot 132,8 = 66,4$  microamperes.

No hay que olvidar que para trabajos con equipos o sistemas energizados se usarán únicamente escaleras no conductivas

Para montajes verticales, estas deben estar equipadas con patas de seguridad y deben posicionarse a nivel del suelo.

Las escaleras deben asegurarse y sostenerse sí:

- Son usadas en terreno desnivelado.
- Al estar extendidas completamente miden más de 6 metros de longitud.
- La base está a una distancia mayor de un tercio ( $1/3$ ) de su altura o a menos de un cuarto ( $1/4$ ) de su altura

### **5.6.16 Cuerdas**

- Si se utilizan cuerdas aislantes, estas deben permanecer a una distancia segura de las partes u objetos energizados.
- No se puede trabajar con cuerdas húmedas o deterioradas.
- Se debe asegurar que las herramientas y equipos estén enganchados correctamente a los conductores y herrajes en general, antes de transferir la carga mecánica al equipo.
- No se debe recargar las pértigas y demás equipos por encima de la carga nominal de trabajo.

### **5.6.17 Otras consideraciones sobre herramientas para trabajos en línea viva**

Como complemento de lo expresado anteriormente se presentan las siguientes consideraciones:

- Tanto el equipo de protección como las herramientas deberán ser usados adecuada y cuidadosamente, evitando de esta manera que se presenten situaciones riesgosas.
- Todos los objetos con una clase de tensión más baja que la requerida para la tarea no deben estar disponibles para los empleados en el sitio de trabajo.
- Todas las herramientas aisladas para línea viva deberán ser probadas periódicamente para verificar su capacidad de no conductividad y, si no reúnen los requerimientos de dichas pruebas, sus superficies deberán ser retocadas y acabadas.
- Las plataformas aisladas deben mantenerse limpias y a su superficie superior debe dársele un buen mantenimiento y aplicársele una pintura antideslizante y no conductiva.
- Por seguridad no se deben utilizar pértigas para sujetar la escalera al conductor o a otra parte energizada.
- El jefe de trabajo debe escoger y determinar el equipo y herramientas aislantes que se van a utilizar durante el trabajo de acuerdo con la técnica a emplear. Además durante la escogencia se le debe practicar una inspección ocular detallada buscando averías peligrosas.
- Antes del trabajo se les debe realizar la prueba de humedad a los equipos aislantes mediante el probador de humedad (Hot Stick Tester), cumpliendo con las instrucciones del fabricante.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Carrillo Caicedo, G., Román Ubeda, J., Rivier Abbad, J., Vicente Ramírez, S., "Metodología coste - beneficio aplicada a las instalaciones de equipos de localización y seccionamiento del tramo con avería en redes de distribución",** Actas de las 3<sup>ras</sup> jornadas hispano-lusas de ingeniería eléctrica. Tomo 3, páginas 789-796. Barcelona. Julio 1993.
- [2] **Comisión nacional de seguridad industrial del sector eléctrico, "Código de seguridad del sector eléctrico colombiano",** Santa Fé de Bogotá, D.C., 1982.
- [3] **Echeverry López Wilmar, "Manual de primeros auxilios",** 1997.  
<http://www.monografias.com/primerosauxilios/manual.html>
- [4] **Ejemplos en fotos de quemaduras eléctricas y otras lesiones**  
<http://www.ertoolsosha.com/quemaduras&otraslesiones>
- [5] **Electrificadora de Santander S.A. E.S.P., "Norma de seguridad en línea viva",** Bucaramanga, 1995.
- [6] **Empresa Transmisora del Salvador (ETESAL), "Reglamento de seguridad industrial y salud ocupacional del Salvador",** El salvador. Enero de 2000, 43 p.
- [7] **Facultad de Física. Universidad de Barcelona, "Seguridad eléctrica: efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano",** Barcelona.  
<http://www.energuia.com>
- [8] **Hernández, Luís Martín, "Campos electromagnéticos: Contaminación invisible",** Conferencia ofrecida en el Centro Cívico de Galapagar. 2001.  
<http://www.ccgapagar.com/conferenc%&conv/2001/luishernandez>
- [9] **Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, "Manual para la prevención de riesgos eléctricos". 2001**  
<http://www.hst.com/guia%tecnica/manual/desc>
- [10] **Mesa Fernández, M. "Procedimientos, materiales, equipos y seguridad industrial en el mantenimiento de redes aéreas energizadas de media tensión",** Monografía para optar al título de Ingeniero Electricista, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga 2002.

- [11] **National Fire Protection Association, "NFPA 70E, Standard for Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces"**, New Orleans. 1999, 101 p.
- [12] **U.S.A. Department of Defense, "O&M: SAFETY OF ELECTRICAL TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEMS"**, Washington, D.C. 20585. January 2004, 187 p.
- [13] **U.S.A. Department of Energy, "Electrical Safety Handbook"**, Washington, D.C. 20585. December 2004, 275 p.  
<http://www.eh.doe.gov/techstds/standard/hdbk1092/hdbk10922004.pdf>