

Elaborado por :

DAVID D. FIGUEROA
Ingeniero de Diseño

Revisado por :

MHORA ALICIA GÁLVEZ GARZÓN
Coordinadora de Proyectos de Diseños

Aprobado por :

CLAUDIA PATRICIA ORTIZ CALVO
Gerente Departamento de Diseños

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

CONTROL DE REVISIONES

| REVISIÓN | OBSERVACIONES | FECHA DE APROBACIÓN |
|-----------------|---|----------------------------|
| 01 | Versión original | 02 de agosto de 2017 |
| 02 | Actualización | 24 de septiembre de 2019 |
| 03 | Se incluye el procedimiento de la protección interna y los peligros, riesgos y controles de la actividad | 1 de octubre de 2019 |
| 04 | Se reestructura el procedimiento dividiendo el procedimiento para el apantallamiento externo del interno. | 14 de febrero de 2020 |

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

1 OBJETIVO

Describir las actividades y los controles utilizados para la inspección, verificación y diseño de sistemas de apantallamiento externo e interno, contra descargas atmosféricas con el propósito de garantizar que el SIPRA esté de acuerdo con la norma.

2 ALCANCE

Este procedimiento aplica para la ejecución de los diseños o verificación del sistema de protección contra descargas atmosféricas externo e interno.

3 PROCEDIMIENTO

3.1 PARA APANTALLAMIENTO EXTERNO

1. Revisión de registros y demás información, si el cliente dispone de ella y puede suministrarla, principalmente: análisis de nivel de riesgo por descargas atmosféricas, planos de diseño (ingeniería básica y de detalle) y memorias de cálculo del apantallamiento externo (método electro geométrico, cálculo de la puesta a tierra, entre otros).
2. Inspección visual de acuerdo con el alcance establecido de: mallas de puesta a tierra, bajantes, puntas tipo franklin u otro tipo de pararrayos (de dispositivo de cebado, desionizantes, etc.), conductores, soportes, conectores, estructuras de apoyo o soporte de las puntas o pararrayos, equipos o dispositivos de protección contra sobretensiones, cables o hilos de guarda, barrajes de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, entre otros. Esta inspección visual inicial servirá para planear cómo se realizará el levantamiento de información, los puntos donde se realizarán las mediciones, entre otros.
3. Registros fotográficos, el cual incluye:
 - Puesta a tierra asociada al sistema de protección contra rayos. Fotografías panorámicas y de detalle de los registros o cajas de inspección y su contenido interior (electrodo o varilla de puesta a tierra, soldadura exotérmica o conector tipo perro, conductor).
 - Barrajes equipotenciales.

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

- Conexiones o uniones equipotenciales y aterrizamientos. Fotografías panorámicas y de detalle de conexiones equipotenciales, aterrizamiento de carcasas, estructuras, aterrizamiento de neutros.
 - Bajantes. Fotografías panorámicas y de detalle de cada uno de los bajantes (conductor, tubería, conector bimetálico, soportería, etc.).
 - Pararrayos (puntas tipo franklin, pararrayos tipo PDC, desionizantes, otros). Fotografías panorámicas y de detalle de los pararrayos (unión conductor-pararrayo, soportería, etc.).
 - Conductor apantallamiento (cable o hilo de guarda para protección de líneas de distribución y transmisión). Fotografías panorámicas y de detalle (estado general del conductor y su continuidad, conexiones, soportería, etc.).
 - Registro fotográfico de las mediciones realizadas. Mediciones de resistencia de puesta a tierra, resistividad del terreno, equipotencialidad.
4. Ejecución de mediciones:
- Resistencia de puesta a tierra de las mallas asociadas al sistema de protección contra rayos.
 - Resistividad de terreno.
 - Equipotencialidad. Constatar que exista continuidad eléctrica entre el SIPRA y el SPT de la subestación.
5. Diligenciamiento de los formatos asociados a las mediciones en campo.
6. Análisis de la información obtenida en terreno y la suministrada por el cliente.
7. Elaboración del documento técnico.

3.2 PARA APANTALLAMIENTO INTERNO

1. Revisión de registros y demás información, si el cliente dispone de ella y puede suministrarla, principalmente: planos de diseño (ingeniería básica y de detalle), diagrama unifilar donde se muestre la ubicación de los DPS (Dispositivos de Protección contra Sobretensiones), memorias de cálculo del apantallamiento interno, entre otros.
2. Inspección visual de acuerdo con el alcance establecido de subestaciones, centros de control de motores, tableros o celdas de distribución principales y secundarias, tableros de comunicaciones, tableros con electrónica de potencia (PLC's, variadores de velocidad, arrancadores suaves, etc.). Esta inspección visual inicial

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

servirá para planear cómo se realizará el levantamiento de información; es importante en esta etapa contar al menos con un diagrama unifilar reciente de la instalación.

3. Registros fotográficos, el cual incluye:
 - o Subestaciones.
 - o Punto de arranque del circuito o red de MT.
 - o Cuartos eléctricos donde estén los CCM's y tableros de potencia que aparecen en el diagrama unifilar.
 - o Cuartos eléctricos donde estén los tableros que alimentan los sistemas de comunicaciones:
 - o Tableros que alimentan variadores de velocidad, arrancadores suaves, PLC's, UPS.
4. Análisis de la información obtenida en terreno y la suministrada por el cliente.
5. Elaboración del documento técnico.

4 RESPONSABILIDAD

Los responsables de las actividades a realizar dentro de los proyectos de inspección, verificación y/o diseño de sistemas de apantallamiento externo e interno, contra descargas atmosféricas, se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 1. Responsabilidades en inspección, verificación y diseño de sistemas de apantallamiento externo, contra descargas atmosféricas

| ACTIVIDAD | RESPONSABLE |
|---|---|
| Análisis de riesgos | Ingeniero electricista asignado al diseño |
| Recolección de información inicial | Ingeniero electricista asignado al diseño |
| Inspección visual de apantallamiento existente | Ingeniero electricista asignado al diseño |
| Registro fotográfico del apantallamiento existente (externo e interno). | Ingeniero electricista asignado al diseño |
| Mediciones de sistemas de puesta a tierra (Resistividad del terreno, | Ingeniero electricista asignado al diseño |

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

| | |
|---|---|
| resistencia de puesta a tierra e equipotencialidad). Conforme al PR-104 | |
| Determinación del nivel de riesgo conforme a la ubicación del área a apantallar | Ingeniero electricista asignado al diseño |
| Elaboración de informe final | Ingeniero electricista asignado al diseño |
| Modelamiento del sistema de protección existente y proyectado | Auxiliar de ingeniería asignado al proyecto |
| Revisión informes parciales e informe final | Gerente del departamento de Diseño |

5 CONDICIONES GENERALES

- El alcance de la ingeniería depende de los requerimientos definidos por el cliente para la ejecución del proyecto.
- Para diseños nuevos se requiere el suministro de planos arquitectónicos con vista en planta y cortes longitudinales y transversales de las instalaciones, para inspección y verificación de sistemas existentes, además se requieren planos del sistema de apantallamiento existente, planos del sistema de puesta a tierra existente, memorias de cálculo del diseño del sistema de apantallamiento existente.

6 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Durante el recorrido en campo y la realización del levantamiento de información se deben utilizar de forma obligatoria los siguientes Elementos de Protección Personal (EPP's):

- **Casco Dieléctrico:** Para protección contra impactos desde arriba o a los lados de la cabeza.
- **Gafas de seguridad:** Para protección contra proyección de partículas y deslumbramientos.
- **Camisa manga larga 100% algodón o dril** (protección riesgo arco eléctrico Cat. 0): Para protección del sol y contra cortes en la piel.
- **Guantes de carnaza o cuero de cerdo:** Para protección contra cortes (con herramienta o plantas) y golpes.
- **Jeans o pantalón de Drill** (protección riesgo arco eléctrico Cat. 0): Para protección del sol y contra cortes.
- **Botas dieléctricas con puntera:** Protección dieléctrica y contra cortes y golpes.

| | | |
|--|-------------|----------------|
| Archivo: PR-143_DISEÑO-VERIFICACIÓN DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO REV 4.doc E INTERNO | Copia No: 2 | Página 6 de 26 |
|--|-------------|----------------|

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

De acuerdo a las condiciones climáticas, requerimientos del cliente y los riesgos evidenciados en campo se puede complementar la protección con:

- Protectores auditivos de copa o inserción
- Mascarillas respiratorias con protección contra material particulado o gases orgánicos, metálicos, etc.
- Guantes de nylon/vinilo o Hilaza/PVC
- Gorro tipo monja y protector solar.
- Trajes Ignífugos
- Monitoreo de atmosferas, etc.

Así mismo contarán con las afiliaciones al sistema de salud, pensión y riesgos laborales.

7 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Para la actividad de levantamiento de información para el diseño o verificación del sistema de protección interna y externa se requiere de:

- Cámara fotográfica.

8 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO (INSTRUCTIVO)

8.1 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN APANTALLAMIENTO EXTERNO

Esta etapa permite conocer las necesidades reales del cliente y del proyecto. Como fuentes para obtener esta información están:

8.1.1 Reuniones con personal de la entidad Contratante

Esta actividad se lleva a cabo entre personal de **GERS** asignado al proyecto y funcionarios de la entidad contratante directamente relacionados con él. Durante estas reuniones se presentan al cliente experiencias obtenidas en el diseño de otros proyectos, se definen áreas y se escucha al cliente para tener en cuenta sus necesidades particulares durante la ejecución de los diseños.

| | | |
|--|-------------|----------------|
| Archivo: PR-143_DISEÑO-VERIFICACIÓN DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO REV 4.doc E INTERNO | Copia No: 2 | Página 7 de 26 |
|--|-------------|----------------|

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

8.1.2 Visita de reconocimiento

Una actividad importante que hace parte de la recolección de información es la visita de reconocimiento al sitio del proyecto, esta incluye la verificación de la documentación técnica, inspecciones visuales, pruebas y registros en un reporte de inspección.

Las actividades a ejecutar durante el trabajo de campo serán precedidas por el análisis de riesgo previo a la tarea, ARPT. En caso de que se presenten condiciones que afecten la seguridad del personal de **GERS**, o de otros grupos de trabajo y que no puedan ser subsanables, las actividades serán suspendidas. Esta situación se informará oportunamente al cliente o al encargado de seguridad del proyecto para reprogramar las tareas.

Durante las labores de inspección y verificación de información, se requiere de la presencia de un Ingeniero o Técnico Electricista en representación del cliente, que conozca las instalaciones y compruebe los correctos procedimientos de seguridad industrial que **GERS** aplique en sus labores.

Previo al trabajo y durante el mismo, se seguirán los lineamientos exigidos por el cliente y las recomendaciones básicas de seguridad para la prevención de accidentes, posibles alteraciones de los procesos productivos de la planta o daños a terceros.

El ambiente de trabajo debe ser seguro y estar en condiciones óptimas para el desempeño de las labores de campo.

En caso de requerirse realizar mediciones de resistividad del terreno, resistencia de puesta a tierra o equipotencialidad, el personal en campo aplicará los lineamientos establecidos en el procedimiento PR- 104 Procedimiento para medición de sistemas de puestas a tierra.

Con base en la información suministrada por el cliente, el personal de **GERS** realiza la inspección visual de las instalaciones teniendo en cuenta punto a punto la ubicación de las puntas captadoras, mástiles, cable de guarda y/o bayonetas, según el dispositivo de apantallamiento seleccionado o ya instalado.

8.1.3 Inspección visual

Se realizará un recorrido por las áreas a apantallar para hacer el registro fotográfico de las inspecciones realizadas y verificación de la información contenida en los planos.

| | | |
|--|-------------|----------------|
| Archivo: PR-143_DISEÑO-VERIFICACIÓN DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO REV 4.doc E INTERNO | Copia No: 2 | Página 8 de 26 |
|--|-------------|----------------|

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

Durante esta visita se observan los siguientes detalles:

- Elementos captadores existentes, bajantes y estado de las conexiones.
- Ubicación y estado de los tableros, gabinetes y CCM's existentes.
- Corredores de líneas eléctricas existentes y proyectadas
- Interferencia con redes de comunicaciones.

A esta visita de reconocimiento asisten ingenieros de la entidad contratante e ingenieros y auxiliares de ingeniería de **GERS**.

La inspección visual deben ser realizadas para determinar que:

- El diseño esté conforme con esta norma técnica,
- EL SIPRA esté en buena condición,
- No hay discontinuidad en las conexiones y no hay roturas accidentales en las uniones y conductores del SIPRA.
- Ninguna parte del sistema ha sido desmejorada por la corrosión, especialmente al nivel del piso
- Estén intactas todas las conexiones visibles a tierra (funcionalmente en operación)
- Estén intactos todos los conductores visibles y componentes del sistema que son atados a las superficies y las componentes que dan protección mecánica (operacionalmente en funcionamiento) y en el lugar correcto.
- No haya ninguna alteración o adición a la estructura protegida que requiera de una protección adicional.
- No ha habido indicaciones de daño al SIPRA, a los DPS o cualquier falla de los fusibles que protegen los DPS.

8.1.4 Evaluación de riesgo para determinar el Nivel de Protección contra Rayos

La evaluación de riesgo es el elemento más importante en el diseño y/o verificación de un sistema de protección contra rayos, pues este determina el Nivel de Protección contra Rayos NPR que cumpla con las necesidades particulares de la edificación o estructura.

| | | |
|--|-------------|----------------|
| Archivo: PR-143_DISEÑO-VERIFICACIÓN DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO REV 4.doc E INTERNO | Copia No: 2 | Página 9 de 26 |
|--|-------------|----------------|

Los parámetros del rayo han sido medidos y registrados obteniendo datos estadísticos los cuales permiten establecer un indicador conocido como Densidad de Descargas a Tierra DDT el cual se establece como el promedio anual de descargas atmosféricas por kilómetro cuadrado, este dato es primordial para la evaluación del riesgo, pues permite determinar el número de eventos peligrosos de acuerdo con las características de la estructura a proteger.

De acuerdo con la norma NTC 4552-2 se manejan diferentes tipos de riesgos correspondientes a las pérdidas que se puedan presentar debido a una descarga atmosférica. Estos riesgos son:

- **R1:** Riesgo de pérdida de vidas humanas.
- **R2:** Riesgo de pérdida de servicios públicos domiciliarios.
- **R3:** Riesgo de pérdida de patrimonio cultural.
- **R4:** Riesgo de pérdida económica.

Los riesgos a considerar dependen de diferentes componentes, asociados directamente con las características de las áreas y edificaciones a proteger y el entorno que le rodea.

Una vez es determinado el valor del riesgo, se compara con los valores representativos de riesgo tolerables R_T indicados en la Tabla 2, tomados de la norma NTC 4552-2.

Tabla 2. Valores de Riesgo Tolerables para R1, R2 y R3

| TIPO DE PÉRDIDA | R_T |
|---|-------------------------|
| Pérdida de vidas o lesiones permanentes (R1) | 10^{-5} |
| Pérdida de servicio público (R2) | 10^{-3} |
| Pérdida de patrimonio cultural (R3) | 10^{-3} |

El riesgo tolerable R_T para el riesgo de pérdida económica (**R4**) varía según el número de pérdidas económicas aceptables por año, cuyo valor depende de las exigencias del propietario de las edificaciones, y se escoge entre las siguientes opciones:

- 1 Pérdida económica cada 10 años: riesgo máximo tolerable = 10^{-1} .
- 1 Pérdida económica cada 100 años: riesgo máximo tolerable = 10^{-2} .

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

- 1 Pérdida económica cada 1000 años: riesgo máximo tolerable = 10^{-3} .
- 1 Pérdida económica cada 10.000 años: riesgo máximo tolerable = 10^{-4} .
- 1 Pérdida económica cada 100.000 años: riesgo máximo tolerable = 10^{-5} .

Es decir, entre menor sea la cantidad de años en que se acepte una pérdida económica en la edificación, mayor es el valor de riesgo tolerable.

Cuando se desconoce este valor por parte del propietario de la edificación, se utiliza por defecto 1 pérdida económica cada 1.000 años, es decir $R_T = 10^{-3}$.

La protección contra rayo es necesaria si el riesgo R (**R1 a R4**) es mayor que el nivel tolerable R_T .

$$R > R_T$$

En este caso la medida de protección será adoptada en orden de reducir el riesgo R (**R1 a R4**) al nivel tolerable R_T .

$$R \leq R_T$$

En la Figura 1 se muestra el procedimiento establecido por la norma NTC 4552-2 para determinar la necesidad de utilizar un sistema de protección contra rayos en una estructura o instalación dada.

8.1.5 Niveles de protección contra rayo

Después de hacer el análisis de riesgos y determinar la necesidad o no de un sistema de protección contra rayos (SPR), el paso siguiente a determinar, en los casos en donde el resultado del análisis indique la necesidad de un SPR, es determinar el nivel de protección contra rayos requerido NPR.

La NTC 4552-1 define cuatro niveles de protección, categorizados de I a IV de tal forma que, el nivel más exigente es el I y el menos exigente el IV. Estos niveles NPR están asociados a un determinado conjunto de valores de parámetros del rayo y a valores de diseño probabilísticos máximos y mínimos que no serán excedidos cuando se presenten descargas atmosféricas, en este sentido, por medio el valor NPR se definen las medidas de protección contra rayos a implementar.

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

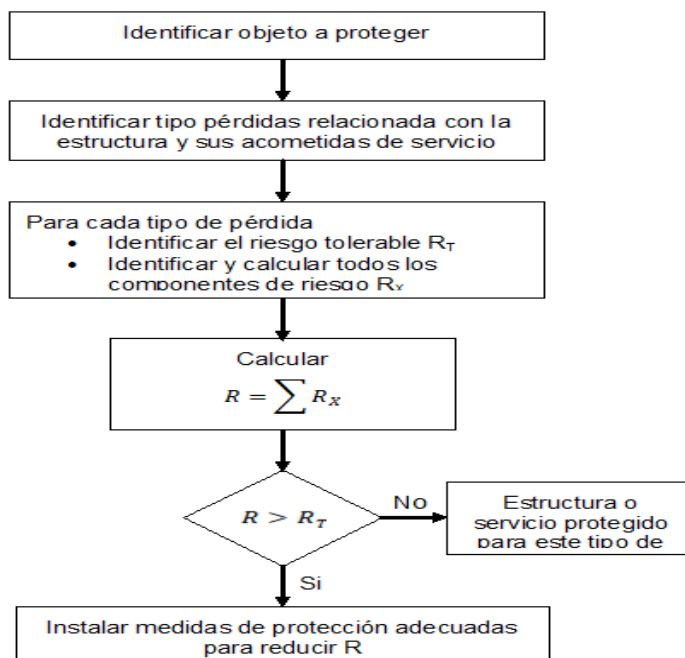


Figura 1. Procedimiento para determinar la necesidad o no de un Sistema de Protección Contra Descargas Atmosféricas

8.1.6 Sistema De Protección Externo

La protección externa en una edificación o estructura tiene como objetivo interceptar los impactos directos de rayo que se dirijan a la estructura, incluyendo aquellos que impacten en sus costados, para conducir de manera segura la corriente de rayo desde el punto de impacto a tierra sin causar daños térmicos o mecánicos, ni chispas peligrosas que puedan dar inicio a incendios o explosiones.

El sistema de protección externa está compuesto por tres elementos principales:

- a. **Sistema de Captación**, el cual es el encargado de interceptar el impacto del rayo.
- b. **Sistema de Conductores Bajantes**, el cual es el encargado de conducir de manera adecuada y segura la corriente de rayo al sistema de puesta a tierra.
- c. **Sistema de Puesta a Tierra**, encargado de dispersar y disipar adecuadamente en el terreno la corriente de rayo.

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

8.1.7 Sistema de Captación

El sistema de captación es el encargado de interceptar los rayos que vayan a impactar directamente la estructura y enviar las corrientes de rayo por las bajantes de la edificación. Este sistema puede estar compuesto por cualquier combinación de los siguientes elementos:

- Bayonetas (incluyendo mástiles autosoportados y puntas captadoras)
- Cables colgantes
- Mallas de conductores

Los terminales de captación instalados en una estructura se deben localizar en las esquinas, puntos expuestos sobresalientes de la estructura y en los bordes y deben estar posicionados de acuerdo con el método de diseño utilizado. Los métodos de diseño indicados en la NTC 4552-3 son los siguientes:

8.1.7.1 Método de la Esfera Rodante:

Es aplicable para estructuras con altura menor a 55 m y consiste en imaginar una esfera de radio igual a la distancia de impacto (el cual varía de pendiendo del nivel de protección resultante del análisis de riesgo por impactos atmosféricos) rodando sobre los volúmenes de las estructuras a proteger contra rayos.

El posicionamiento de los terminales de captación debe realizarse de tal manera que la esfera nunca toque ninguna parte de la estructura, estando siempre soportada por algún elemento del sistema de captación.

De acuerdo con la NTC 4552-3, en la práctica, para determinar gráficamente la altura mínima de la instalación de interceptación, se trazan arcos de circunferencia con radio igual a la distancia de impacto RSC, entre los objetos a ser protegidos y el sistema de captación, de tal forma que los arcos sean tangentes a la tierra y a los objetos o tangentes entre objetos; cualquier estructura por debajo de los arcos estará protegida por el o los objetos que conformen el arco, y cualquier objeto que sea tocado por el arco estará expuesto a descargas directas, en la Figura 2 y en la Figura 3 se ilustra lo indicado anteriormente.

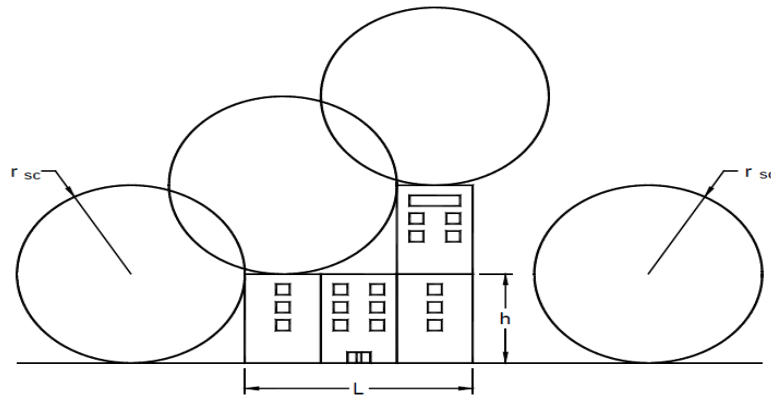


Figura 2. Utilización del Método de la Esfera Rodante

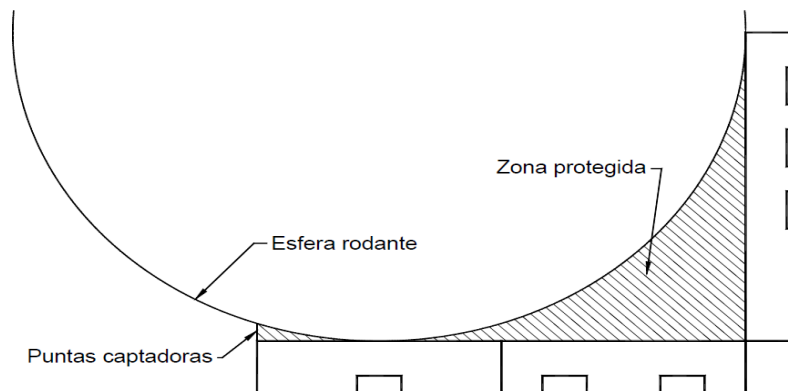


Figura 3. Área de Protección Mediante el Método de la Esfera Rodante

Los valores máximos del radio de la esfera rodante para los cuatro niveles de protección contra Rayos NPR se presentan en la Tabla 3 tomada de la Tabla 6 de la NTC 4552-1):

Tabla 3. Radio de Esfera Rodante según Valores de Riesgo Tolerables

| NIVEL DE PROTECCIÓN | Radio de la esfera (m) |
|---------------------|------------------------|
| Nivel I | 35 |
| Nivel II | 40 |

| | |
|-----------|----|
| Nivel III | 50 |
| Nivel IV | 55 |

8.1.7.2 Método del Ángulo:

El método del ángulo de protección es útil para edificaciones con formas simples, en donde para una altura relativa dada, existe un ángulo de protección del terminal de captación; este ángulo es determinado a partir de la Figura 4 (tomada de la Figura 3 de la NTC 4552-3).

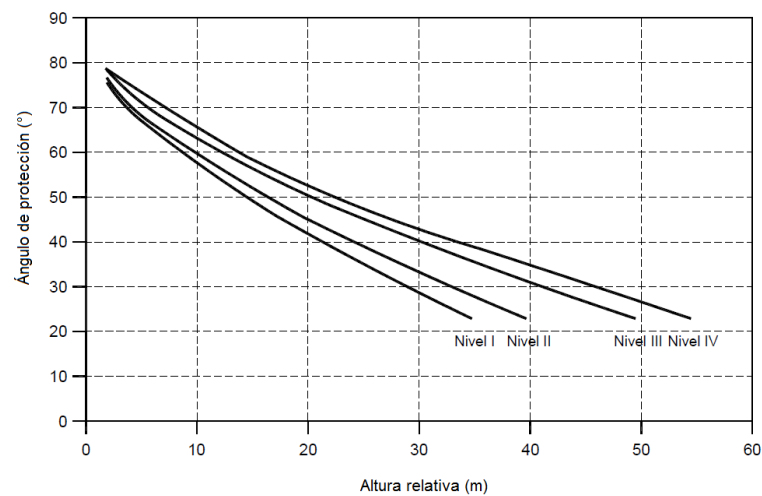


Figura 4. Ángulo de Protección Dependiendo de la Altura Relativa y el Nivel de Protección

8.1.7.3 Método de Enmallado:

El método del enmallado es utilizado principalmente cuando es necesario proteger superficies planas, en donde una malla de conductores puede ser considerada para obtener protección contra impactos directos de toda la estructura. En este caso, los conductores externos son colocados sobre bordes de techos, terrazas y voladizos. La red enmallada debe ser diseñada de tal manera que la corriente de rayo siempre encuentre al menos 2 vías de evacuación de la corriente. El enmallado depende del nivel de protección resultante del análisis de riesgo por descargas atmosféricas tal como se indica en la Tabla 4.

Tabla 4. Dimensiones del Enmallado para los Diferentes Niveles de Protección

| NIVEL DE PROTECCIÓN | Malla (m) |
|---------------------|-----------|
| Nivel I | 5 x 5 |
| Nivel II | 10 x 10 |
| Nivel III | 15 x 15 |
| Nivel IV | 20 x 20 |

8.1.8 Sistema de Conductores Bajantes

El sistema de conductores bajantes es el encargado en conducir de manera adecuada y segura, al sistema de puesta a tierra, la corriente de rayo que incide sobre la estructura e impacta los terminales de captación.

La cantidad de bajantes no debe ser inferior a 2 y debe estar distribuido por el perímetro de la estructura a proteger, sujeto a las restricciones prácticas y arquitectónicas de la estructura.

Con el fin de reducir la probabilidad de daño debido a corrientes de rayo fluyendo por el sistema de protección externo, los bajantes deben distribuirse simétricamente y ubicarse con distancias de separación entre sí de acuerdo con lo indicado en la Tabla 5 (tomado de la Tabla 6 de la NTC 4552-3). Su separación puede variar dependiendo de objetos que puedan interferir en su recorrido como ventanas, puertas, rejillas, etc., pero es recomendable en lo posible mantener una separación equidistante entre bajantes.

Tabla 5. Distancia de Separación Promedio para Conductores Bajantes

| NIVEL DE PROTECCIÓN | Distancia típica promedio (m) |
|---------------------|-------------------------------|
| Nivel I | 10 |
| Nivel II | 10 |
| Nivel III | 15 |
| Nivel IV | 20 |

Los bajantes deben instalarse a una distancia no menor de 0,5 metros a ventanas, puertas u otras aperturas en las edificaciones y deben instalarse de manera rectilínea y vertical,

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

siguiendo el camino más corto y directo a tierra. Debe evitarse la formación de bucles en el conductor bajante y de curvas de menos de 20 cm de radio.

Cada bajante debe terminar en una puesta a tierra que tenga un camino vertical u horizontal a la corriente o una combinación de ambos.

8.1.9 Sistema de Puesta a Tierra

El Sistema de Puesta a tierra es una parte fundamental del sistema de protección contra rayos que contribuye de forma sustancial a la seguridad del personal y de los equipos en caso de la incidencia de un rayo, puesto que es el encargado de conducir adecuadamente en el terreno la corriente de rayo proveyendo una equipotencialidad a los equipos y estructuras y ofrece una trayectoria de baja resistencia a la corriente del rayo, permitiendo su dispersión y disipación en el terreno sin causar daño.

En términos generales, para el sistema de protección externo se debe buscar un bajo valor de resistencia de puesta a tierra, el cual, de acuerdo con las recomendaciones de la NTC 4552-3 y a la Tabla 15.4 del RETIE, no debe ser mayor a 10 Ω .

De acuerdo con la NTC 4552-3 existen dos arreglos de sistemas de puesta a tierra, la **Configuración Tipo A**, que incluye electrodos verticales y/u horizontales instalados fuera de la estructura a ser protegida, en donde las longitudes de los electrodos dependen de los valores de resistividad del terreno y la **Configuración Tipo B**, que consiste en un anillo conductor externo a la estructura y en contacto con el suelo en por lo menos un 80% de su longitud total o por electrodos de puesta a tierra de la cimentación, los cuales deben estar enmallados.

Para la protección de las instalaciones eléctricas y electrónicas se debe garantizar la interconexión a tierra de todos los sistemas. Con ello se obtiene un potencial común y se logra que las instalaciones se eleven al mismo potencial, evitando accidentes y fuego, debido a las peligrosas diferencias de potencial y los arcos que pueden aparecer en las instalaciones.

Todas las partes metálicas no portadoras de corriente, como ductos, tubería conduit metálica, tanques, vigas, columnas de estructuras metálicas y bandejas portacables, se deben conectar directamente al sistema de puesta a tierra para garantizar el mismo potencial.

| | | |
|--|-------------|-----------------|
| Archivo: PR-143_DISEÑO-VERIFICACIÓN DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO REV 4.doc E INTERNO | Copia No: 2 | Página 17 de 26 |
|--|-------------|-----------------|

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

8.1.10 Análisis De Riesgo

Para el desarrollo del diseño de protección contra descargas atmosféricas tipo rayo, **GERS** emplea la siguiente metodología, de acuerdo con las características propia del área.

- Se listan los parámetros a tener en cuenta para evaluar los niveles de riesgo en la edificación a proteger.
- Se evalúa el nivel de riesgo para el área en cuestión sin emplear medidas de protección, se compara el riesgo calculado con el riesgo tolerable.
- De acuerdo con la comparación se determina la existencia o no de riesgo de pérdida de vidas humanas debido a tensiones de paso o contacto por descargas atmosféricas.
- Se selecciona el Nivel de protección contra Rayos NPR que reduzca el riesgo a un nivel tolerable. En caso de presentar cumplimiento sin medidas de protección, se adoptará el menor nivel de protección, en este caso el NPR IV.
- En caso de no presentar cumplimiento con las medidas de protección existentes, se realiza una nueva evaluación del nivel de riesgo considerando los sistemas de protección implantados.
- Una vez seleccionado el Nivel de protección contra Rayos NPR se desarrolla el diseño del sistema de protección externo, ubicando los elementos de captación, verificando su cobertura y listando las cantidades de materiales necesarios para la construcción del Apantallamiento.

8.1.11 Parámetros de entrada para el área a apantallar

La evaluación del análisis de riesgo se realiza por medio del software IEC Risk Assessment Calculator, el cual es un programa informático basado en los métodos de cálculo de la norma IEC 62305-2, que ayuda a calcular los componentes del riesgo de estructuras.

A continuación se indican los parámetros de entrada utilizados para la evaluación del riesgo por rayo:

- Longitud de la estructura L (m).
- Ancho de la estructura W (m).

| | | |
|--|-------------|-----------------|
| Archivo: PR-143_DISEÑO-VERIFICACIÓN DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO REV 4.doc E INTERNO | Copia No: 2 | Página 18 de 26 |
|--|-------------|-----------------|

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

- Altura media de la estructura H (m).
- Altura de la mayor saliente de la estructura H (m).
- Densidad de rayos a tierra (Rayos/km²/año) DDT.
- Localización de la estructura a proteger.
- Ambiente de la estructura a proteger.
- Acometidas de servicio.
- Nivel de protección externo de la estructura.
- Medidas de protección contra incendios.
- Medidas de protección contra sobretensiones.
- Riesgo por fuego en la estructura.
- Situación especial de riesgo de pérdidas humanas.
- Riesgo de pérdida de servicios esenciales.
- Riesgo de pérdida de patrimonio cultural.
- Riesgos económicos especiales.

8.1.12 Verificación de apantallamiento

La verificación del apantallamiento se realizará:

- Conforme la recomendación del Artículo 18 del RETIE, los lineamientos dados en las normas NTC 4552 y NFPA 780, utilizando el modelo electrogeométrico de GILMAN y WHITEHEAD el cual considera entre otros factores, la corriente de rompimiento para las descargas atmosféricas y la altura del objeto a proteger. Igualmente se empleará como verificación de diseño el método gráfico, el cual se basa en el modelamiento tridimensional de las edificaciones en estudio y mediante la utilización de curvas se determina el área de protección del sistema de apantallamiento, verificando que la totalidad del objeto a proteger se encuentra dentro del área establecida.
- Una vez verificada el área de cubrimiento y los puntos de instalación del apantallamiento se llegase a encontrar que no cubre en algún área se elaborará un plano con los detalles de montaje, el listado de materiales, y presupuesto.

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

8.1.13 Pruebas

Las inspecciones y las pruebas en el SIPRA incluyen también las inspecciones visuales y deben ser completadas junto con las siguientes acciones:

- Realizar pruebas de continuidad, especialmente en las partes del SIPRA que serán visibles para la inspección durante la instalación inicial y no estarán disponibles después para inspección visual.
- Las pruebas de resistencia del sistema de puesta a tierra. Los resultados de las mediciones de puesta a tierra y las revisiones de este deben ser escritos en los reportes de inspección del SIPRA.
 - a. La resistencia de puesta a tierra en cada electrodo y donde sea razonable practico la resistencia de puesta a tierra del sistema completo.

Cada electrodo local debe ser medido en forma individual en los puntos de prueba entre las bajantes y el electrodo de puesta a tierra desconectado (medida aislada)

Si la resistencia de puesta a tierra como un todo excede los 10 Ω , se debe realizar una revisión para determinar que los electrodos.

Si hay un incremento significativo en el valor de la resistencia de puesta a tierra, investigaciones adicionales deben ser hechas para determinar la razón del incremento y tomar medidas para mejorar la situación.

Para electrodos de puesta a tierra en suelo rocosos, se deben seguir los requisitos de la cláusula E.5.4.3.5. Los 10 Ω recomendados no se aplican en este caso.

- b. Los resultados del chequeo visual de todos los conductores, uniones o su medida de unión de continuidad eléctrica.

Si el sistema de puesta a tierra no está conforme a estos requisitos, o revisando los requisitos no son posibles por falta de información, Los sistemas de puesta a tierra deben ser mejorados por la instalación extra de electrodos o por la instalación de un nuevo sistema de puesta a tierra.

8.2 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN APANTALLAMIENTO INTERNO

Esta etapa permite conocer las necesidades reales del cliente y del proyecto. Como fuentes para obtener esta información están:

| | | |
|--|-------------|-----------------|
| Archivo: PR-143_DISEÑO-VERIFICACIÓN DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO REV 4.doc E INTERNO | Copia No: 2 | Página 20 de 26 |
|--|-------------|-----------------|

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

8.2.1 Reuniones con personal de la entidad Contratante

Esta actividad se lleva a cabo entre personal de **GERS** asignado al proyecto y funcionarios de la entidad contratante directamente relacionados con él. Es importante en este punto que el cliente suministre toda la información y documentación posible que disponga sobre la protección interna contra sobretensiones (DPS). Es importante que se suministre información sobre el historial de fallas y daños en equipos ocasionados por sobretensiones, especialmente después de haberse presentado lluvias con descargas atmosféricas en o cerca de la instalación objeto de estudio.

En caso de contar con DPS instalados en uno o más tableros y no disponer de diseños o memorias de cálculo es importante conocer por parte del cliente bajo qué criterios técnicos fueron seleccionados las especificaciones técnicas de los DPS instalados, al igual que su ubicación física en los tableros.

Si el cliente no tiene DPS instalados, el cliente debe especificar cual o cuales son las razones por las que no cuentan con estos dispositivos o por qué razón cree que no los necesitan.

8.2.2 Levantamiento de información en subestaciones

Sean de tipo patio exterior o tipo interior, con el fin de poder tomar fotos a los DPS en media tensión. Esto implica en el caso de la tipo interior abrir el compartimiento o celda donde está alojado el transformador, validar que tenga el DPS y tomar las fotos. Es muy posible que en algunos casos los DPS estén dentro de una celda de remonte o una celda de entrada y salida, por lo que eventualmente hubiera que abrirla y tomar fotos (en caso que no sea posible la apertura de la celda debido a que tiene un mecanismo de enclavamiento, se deberá verificar que estas celdas tengan alguna mirilla o ventana para poder tomar las fotos). Se deben tomar fotos con muy buen nivel de acercamiento que muestre en detalle cada DPS en media tensión, si están bien conectados o si presentan algún defecto o anomalía.

Es necesario acompañamiento por parte del personal técnico con el objetivo de ir hasta el punto donde parte la red de media tensión que alimenta la instalación, y obtener registros fotográficos de este punto para verificar si se cuenta o no con DPS en media tensión; de igual manera se deberá obtener registros fotográficos de los puntos en media tensión donde hay un cambio en el tipo de acometida o transición (por ejemplo, la transición de cableado aéreo a subterráneo).

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

8.2.3 Levantamiento de información en cuartos eléctricos con CCM's, celdas y tableros de potencia

Implica que se deban tomar registros fotográficos de todos los CCM's y tableros, se requieren fotos muy explícitas que muestren los posibles puntos donde se podría instalar un DPS, en baja o en media tensión, para los detalles de ingeniería de montaje.

Las fotos que se le tomen a los DPS existentes deben incluir un registro de los datos de placa o especificaciones técnicas, por lo que se requiere un nivel de acercamiento al interior de la celda o espacio en el que está el dispositivo. También se deben tomar fotos a los breakers o totalizadores que tenga cada DPS, y especialmente a los datos de placa en donde se aprecie cual es la corriente de cortocircuito, esto debido a que se levantará una hoja de especificaciones técnicas, tanto de los DPS existentes como de los totalizadores o breakers que los alimentan. Se deben tomar fotos en cada tablero o CCM que tenga espacios de reserva, especialmente los que cuenten con reserva equipada pues estos cuentan ya con la protección (totalizador) y ya debería haber coordinación con la protección principal del tablero. También se requieren tomar fotos al cableado de cada DPS y de la conexión a tierra, para establecer las distancias del cableado y el calibre AWG actual. Por último, se requerirá tomar registros fotográficos al cuarto eléctrico con el fin de ubicar un posible tablero o gabinete de DPS, lo anterior en caso de no haber espacio suficiente en los tableros existentes.

8.2.4 Levantamiento de información en cuartos eléctricos con celdas y tableros que alimentan los sistemas de comunicaciones

Se deberá identificar en el diagrama unifilar y ubicar físicamente en la instalación donde se encuentran estos tableros, y garantizar que se puedan abrir para ver si cuentan con DPS. Se necesita validar a cuantos metros están del tablero o CCM principal que lo alimenta, las fotos deben tener un muy buen nivel de detalle ya que se debe validar el punto donde se va instalar el DPS, si se requiere una caja exterior al tablero, entre otros. Si el tablero cuenta con DPS aplica lo mismo que en el caso de los tableros de fuerza en lo relacionado a la toma de fotos. Se debe validar con el personal técnico de la planta en orden de importancia cuales son los tableros de mayor criticidad o que tengan equipos críticos que requieran protección, y enfocar la toma de información en ellos.

8.2.5 Tableros que alimentan variadores de velocidad, arrancadores suaves, PLC's, UPS

En este caso se requerirá identificar en el diagrama unifilar y ubicar físicamente en la planta donde están estos tableros y abrirlos para ver si tienen DPS o no. Aplica lo mismo que en el caso de los tableros eléctricos que alimentan los sistemas de comunicaciones, sobre todo en los tableros que alimentan UPS.

| | | |
|--|-------------|-----------------|
| Archivo: PR-143_DISEÑO-VERIFICACIÓN DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO REV 4.doc E INTERNO | Copia No: 2 | Página 22 de 26 |
|--|-------------|-----------------|

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

8.3 INFORME FINAL

Al terminar los trabajos de diseño se produce un informe completo de todas las actividades desarrolladas, sus modificaciones con respecto a lo programado, alternativas que surgieron durante su desarrollo, sus inconvenientes y dificultades.

GERS presentará un listado con las cantidades de materiales para el sistema de apantallamiento en los casos que no cumpla.

En dicho informe se presentan programas y recomendaciones para ser tenidas en cuenta en el diseño de futuras ampliaciones.

8.4 REFERENCIAS ADICIONALES

La inspección y verificación del sistema de apantallamiento contra descargas atmosféricas se realizará siguiendo las recomendaciones dadas en los siguientes documentos:

- RETIE “Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas”, Resolución Número 90708 de agosto 30 de 2013.
- IEC 60305-2 Protection against Lightning - Part 2: Risk Management.
- NTC 4552. “Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas”.
- NTC 2050 “Código Eléctrico Colombiano”.
- NEC 2017 Handbook.
- NFPA 780. “Lightning protection code”. Edición 2014.
- IEEE Std. 80-2013. “IEEE Guide for safety in AC Substation Grounding”.
- IEEE Std. 80-2012. “IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System”.
- NESC, National Electrical Safety Code.

9 PELIGROS RIESGOS Y CONTROLES

| PROCEDIMIENTO: LEVANTAMIENTO INFORMACION | | | |
|---|---|---|--|
| | Peligros | Riesgo | Medida Control |
| Quimico | Polvos Orgánicos o Inorgánicos Fibras (Vidrio, Bagazo, etc.) Líquidos (nieblas, Rocíos) Gases (CO ₂ , Propano, acetileno, Agente limpio) Vapores (pinturas, condensados, etc.) Humos Metálicos (Soldadura, Fundición) Humos No metálicos (combustibles fósiles, etc.) Material Particulado (ceniza, papel, metales al corte, etc.) | Dermatitis Quemaduras Afecciones respiratorias Efectos tóxicos (intoxicación) Irritación en piel y/o mucosas Fugas o derrames Fatalidad | Identificación de los productos con rombo de colores NFPA 704 Hoja de seguridad de los productos Guantes apropiados según producto a usar Gafas de seguridad Protección respiratoria Kit contra derrames Camisa manga larga, botas de seguridad, jean Protección antifúidos Duchas para lavado de ojos y cuerpo |
| Tecnologica Incendio Explosión | Combustibles sólidos (papel, cartón, madera etc.) Vegetación seca (biomasa, bagazo de caña, rípio de madera) Líquidos inflamables (combustibles , alcoholes etc.) Gases inflamables (hidrógeno, propano, metano etc.) Vapores inflamables (vapores de gasolina, alcohol etc.) Polvos Orgánicos o Inorgánicos | Incendio Explosiones Fatalidad Ahogamiento o asfixia Impacto ambiental Daños a la propiedad | Evitar la generación de fuentes de ignición Identificar material combustible en la zona de trabajo Área de trabajo limpia, ordenada y delimitada Identificar ubicación y estado de extintores Conocer medidas de reacción frente a una emergencia: ruta de evacuación y puntos de encuentro |
| Electrico | Lluvias torrenciales o Tormenta eléctrica Presencia de otros contratistas o personal haciendo trabajos en el área | Electrocución Fatalidad Incendio Explosión | Botas dieléctricas Camisa de manga larga y jean 100% algodón Casco dieléctrico Gafas con filtro UV Overall ignífugo Conservación de distancias seguras respecto a los equipos energizados Coordinación con los responsables de otros trabajos simultáneos en el área Señalización y demarcación del área |
| Biologico | Virus y/o parásitos Hongos Bacterias Insectos Animales (Picaduras, Mordeduras, Fluidos o excrementos) Parásitos | Mordeduras de animales Picaduras de insectos Reacciones alérgicas Dermatitis Enfermedades Intoxicación Enfermedad gastrointestinal | Inspección del área Reporte de la presencia de insectos y animales Camisa de manga larga - Jean Control de la presencia de animales e insectos Uso de repelente Consumo de agua potable embotellada Consumo de comidas en buen estado |
| Locativos | Superficies lisas, desnivel o irregulares Orden público Accidente de tránsito Condición de orden y aseo | Golpes/ Traumatismos Fracturas de huesos Caídas a nivel Choque del vehículo, arrollamiento Incrustación de cuerpo extraño en piel Laceraciones o cortaduras Robos, atracos, asaltos, atentados de orden público | Uso Epp (botas o calzado antideslizante, guantes, gafas, casco) Verificación de superficies de trabajo libres de materiales , obstáculos y/o derrame de productos Contacto con los organismos de seguridad (Policía, Tránsito, Defensa Civil, etc.) Verificación del estado de las vías Orden y aseo en la zona de trabajo Señalización clara Precaución al transitar por superficies lisas o irregulares Sistema de comunicación |
| Fisicos | Ruido Iluminación (Poca o Excesiva) Radiación no ionizante (Rayos solares) Temperaturas ambientales extremas Superficies calientes Ventilación deficiente | Dolores de cabeza/ Mareos Deshidratación Quemaduras en la piel Insolación Sordera/ trauma acústico Fatiga Asfixia Hipotermia Golpe de calor | Protección auditiva Protector solar Protección para la cabeza y el cuello Hidratación antes, durante y al finalizar el trabajo Protección visual - gafas con filtro UV Camisa de manga larga Distancia prudencial de las superficies calientes Iluminación auxiliar Ropa térmica |

10 CONTROL DEL DISEÑO

El control del diseño se hace a través de las prácticas definidas en el Procedimiento para Control del Diseño, PR-004.

La inspección de los productos obtenidos en el diseño se lleva a cabo por medio del Procedimiento para inspección e identificación del estado de inspección, PR-010. El control de producto no conforme se hace mediante el procedimiento PR-013.

Si el contrato solicita la elaboración de un plan de calidad específico para el proyecto, este se hace según los lineamientos del Procedimiento para Elaboración de Planes de Calidad, PR-002.

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

El control del proceso en sus variables macro se hace empleando el Procedimiento para Control de Procesos PR-009. Las variables de proceso a controlar son:

- Tiempo.
- Costo.
- Recursos Humanos.
- Recursos Técnicos.

Finalizados los estudios y diseños, **GERS** entregará un informe final en medio magnético con la siguiente información:

- Introducción. Resume de forma general el contenido del documento y la forma de presentación.
- Análisis de Riesgos.
- Registro Fotográfico. Se presentarán en fotografías los puntos en los cuales se encuentra discrepancias con el apantallamiento diseñado.
- Planos. Se entregarán los planos de vista en planta y cortes de la disposición actual del sistema de apantallamiento, destacando las no conformidades con respecto al sistema diseñado, siempre y cuando al Empresa Contratante suministre los planos en formato AutoCAD.
- Conclusiones y Recomendaciones. Encaminadas en brindar posibles soluciones a los problemas encontrados durante la inspección y verificación.

Registro de las revisiones:

En planos: Casillas en el cajetín Elaboró, revisó, aprobó.

En informes: Portada del documento Elaboró, revisó, aprobó.

RG-010-01 Registro de inspección.

Registro de modificaciones:

| | | |
|--|-------------|-----------------|
| Archivo: PR-143_DISEÑO-VERIFICACIÓN DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO REV 4.doc E INTERNO | Copia No: 2 | Página 25 de 26 |
|--|-------------|-----------------|

| | | | |
|-------------|--|---------------------|--|
| GERS | PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y/O VERIFICACION DE APANTALLAMIENTO EXTERNO E INTERNO | PR-143 | |
| | | Revisión No : 04 | Fecha aprobación Febrero 14 de 2020 |

En reuniones:

Actas de reuniones. Se guardan en el folder del contrato.

En cartas y/o correos electrónicos enviadas por el cliente:

Se guardan en el folder del contrato.

En planos:

Casilla de modificaciones impresa en el cajetín de los planos.

11 ANEXOS

PLAN DE INSPECCIÓN PARA EL DISEÑO DE SISTEMA DE APANTALLAMIENTO.