

CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL TESALIA
(Tesalia - Huila)
EVALUACIÓN DE NIVEL DE RIESGO

El presente estudio correspondiente a la Evaluación de Nivel de Riesgo para el proyecto en mención, se realiza con base en la norma NTC 4552 (Protección contra descargas atmosféricas), última actualización, Anexo 2.

1. OBJETO A PROTEGER.

El proyecto consta de una institución educativa para niños menores de 5 años. Cuenta una zona educativa, zona administrativa, zona de servicios, zona de servicios complementarios y exteriores. Comprende un área total construida de 2000 m2 aprox.

2. TIPOS DE PÉRDIDAS Y RIESGOS PERTINENTES.

Para el proyecto se deben considerar los siguientes riesgos:

| Riesgo | Descripción |
|--------|------------------------------------------|
| R1 | Riesgo de pérdida de vida humana |
| R2 | Riesgo de pérdida de servicio público |
| R3 | Riesgo de pérdida de patrimonio cultural |
| R4 | Riesgo de pérdida valor económico |

3. EVALUACION DE LAS COMPONENTES DE RIESGO.

Como lo expone la norma NTC 4552 y la IEC 62305, cada componente de riesgo puede calcularse mediante la ecuación:

$$R_x = N_x * P_x * L_x, \text{ donde}$$

N_x: Número de eventos peligrosos.

P_x: Probabilidad de daño.

L_x: Pérdida consecuente.

3.1. Determinación de la densidad de descargas a tierra (DDT)

La densidad de descargas a tierra viene dada por:

$$DDT = 0,0017 * NC^{1,56}, \text{ donde}$$

NC: Nivel cerámico

Para este proyecto, tenemos que el NC equivale a:

$$NC = 40 \text{ para Tesalia (Mapa isocerámico de Colombia)}$$

Por consiguiente,

$$DDT = 0,54 \text{ rayos/km}^2\text{-año}$$

CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL TESALIA
(Tesalia - Huila)
EVALUACIÓN DE NIVEL DE RIESGO

3.2. Componentes del riesgo, según la norma NTC 4552.

Cada uno de los riesgos está constituido por la suma de varias componentes del riesgo, como lo muestra la tabla 2 de la norma NTC 4552, anexo 2, para una estructura:

Tabla 2. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en una estructura

| Fuente de daño | Descargas sobre la estructura S1 | | | Descargas cercanas a la estructura S2 | Descargas sobre las acometidas de servicios S3 | | | Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4 |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|
| | R _A ³ | R _B | R _C ⁴ | R _M ⁴ | R _U ⁵ | R _V ⁵ | R _W ^{4,5} | R _Z ^{4,5} |
| Riesgo para cada tipo de pérdida | | | | | | | | |
| R ₁ | X | X | X ¹ | X ¹ | X | X | X ¹ | X ¹ |
| R ₂ | | X | X | X | | X | X | X |
| R ₃ | | X | | | | X | | |
| R ₄ | X ² | X | X | X | X ² | X | X | X |

Igualmente, para las acometidas de servicios, las componentes del riesgo se muestran en la tabla 3 de la misma norma:

Tabla 3. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en acometida de servicios

| Fuente de Daño | Descargas sobre la Estructura S1 | | Descargas sobre las acometidas de servicios S3 | | Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4 |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------|------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------|
| | R' _B | R' _C | R' _V | R' _W | R' _Z |
| Riesgo para cada tipo de pérdida | | | | | |
| R' ₁ (¹) | X | | X | | |
| R' ₂ | X | X | X | X | X |
| R' ₄ | X | X | X | X | X |

3.3. Factores que influncian las componentes de riesgo

De acuerdo a la tabla 6 de la norma NTC 4552, anexo 2, los factores que influncian las componentes de riesgo para el proyecto son:

3.3.1. Factores de acuerdo a la estructura

| Parámetro | Símbolo | Valor | Observaciones |
|--------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------------------------|
| Dimensiones (m) | LxWxH | 50x40x4 | |
| Factor de localización | Cd | 0,5 | Rodeado de objetos de igual o menor altura (Tabla 10) |
| Lesiones a seres vivos por descargas | PA | 1 | No protegida (Tabla 14) |
| Daño a estructura por descargas | PB | 1 | No protegida (Tabla 15) |
| Apantallamiento externo estructura | Ks1 | 1 | Desconocido |
| Apantallamiento interno estructura | Ks2 | 1 | Desconocido |
| Personas en la estructura | nt | 180 | Niños, docentes, admin. |
| Densidad de descargas | DDT | 0,54 | Calculada |

CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL TESALIA
(Tesalia - Huila)
EVALUACIÓN DE NIVEL DE RIESGO

3.3.2. Factores de acuerdo a las acometidas de servicios

| Parámetro | Símbolo | Valor | Observaciones |
|--------------------------------------------------------|---------|--------|------------------------------------------------------------------------|
| Longitud (m) | Lc | 120 | Estimada desde punto de conexión MT más cercano |
| Altura conductores de servicio sobre el suelo | Hc | 10 | Red aérea |
| Factor reductor por características del suelo | ru | 0,01 | Concreto (Tabla 27) |
| Transformador en acometida | Ct | 0,2 | Transformador tipo poste (Tabla 11) |
| Factor de localización | Cd | 0,5 | Rodeado de objetos de igual o menor altura (Tabla 10) |
| Factor ambiental de línea | Ce | 0,5 | Suburbano (Tabla 13) |
| Probabilidad de daño por apantallamiento de la línea | PLD | 1 | Cable no apantallado (Tabla 19) |
| Características cableado interno | Ks3 | 0,0001 | Apantallado con $R_s < 1$ ohm/km (Tabla 17) |
| Soportabilidad al impulso tipo rayo | ks4 | 0,6 | $U_w = 2,5$ kV Aparato eléctrico para usuario ($1,5/U_w$) (Tabla 24) |
| Falla servicios cuando hay DPS's (sustituye a PU y PV) | PDPs | 0,02 | Sistema de protección tipo II (Tabla 16) |

3.4. Zonas principales de la estructura

Para este proyecto se considera solamente una (1) zona de protección para la estructura, principalmente por las características del suelo y el tipo constructivo de la edificación. Los parámetros de la zona para esta evaluación se encuentran a continuación:

| Parámetro | Símbolo | Valor | Observaciones |
|----------------------------------------------------|---------|--------|-----------------------------------------------------|
| Factor reductor por características del suelo | ra | 0,01 | Concreto (Tabla 27) |
| Riesgo de incendio | rf | 0,01 | Ordinario (Tabla 29) |
| Incremento de pérdida por condiciones peligrosas | hz | 5 | Nivel medio de pánico (Tabla 30) |
| Medidas de protección contra incendios | rp | 0,5 | Extintores manuales, gabinetes (Tabla 28) |
| Pérdidas por lesiones tensiones de paso y contacto | Lt | 0,0001 | Todos los tipos, dentro de la estructura (Tabla 26) |
| Pérdidas por daños físicos | Lf | 0,050 | Escuelas (Tabla 26) |

3.5. Número de posibles sucesos peligrosos al año

El número de eventos peligrosos a la estructura ND se determina por la siguiente ecuación:

$$ND = DDT \cdot Ad \cdot Cd \cdot 10^{-6}, \text{ en donde}$$

DDT: Densidad de descargas a tierra (rayos/km²-año)

Ad: Área efectiva de la estructura aislada (m²)

Cd: Factor referente a objeto a protegerse

El número de eventos peligrosos a las acometidas de servicios NL se da por:

$$ND = DDT \cdot Al \cdot Cd \cdot Ct \cdot 10^{-6}, \text{ en donde}$$

DDT: Densidad de descargas a tierra (rayos/km²-año)

Al: Área efectiva de descargas al servicio (m²)

Cd: Factor referente a objeto a protegerse

Ct: Factor de corrección por presencia de transformadores

CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL TESALIA

(Tesalia - Huila)

EVALUACIÓN DE NIVEL DE RIESGO

El área efectiva de la estructura Ad, viene dada por la siguiente ecuación:

$$Ad = L*W+6*H*(L+W)+9*\pi*H^2$$

Para L= 50

W= 40

H= 4

Ad = 4612 m2

El área efectiva de descargas al servicio Al, para el caso de una acometida viene dada por la ecuación:

$$Al = (Lc-3*(Ha+Hb))/\sqrt{\rho}$$

Red subterránea

$$Al = (Lc-3*(Ha+Hb))*6Hc$$

Red aérea

Para Ha= 10

m

Hb= 10

m

Hc= 10

m

ρ = 23,78

ohm.m

Al = 3600 m2

Para este proyecto, el número posible de eventos peligrosos se compone por los parámetros mostrados a continuación, a partir de las tablas anteriores:

DDT = 0,54

Ad = 4612

Al = 3600

Cd = 0,5

Ct = 0,2

Por consiguiente, el número de eventos peligrosos en la estructura será de:

ND = 1,24E-03 eventos / año

En tanto que el número de eventos peligrosos en las acometidas de servicios será de:

NL = 1,93E-04 eventos / año

4. CÁLCULO DEL RIESGO PARA LA NECESIDAD DE PROTECCIÓN.

Para determinar el valor del riesgo en el proyecto, se debe establecer un parámetro de comparación, con el fin de determinar el elemento de protección requerido. Para Colombia, de acuerdo a la norma NTC 4552, se establecieron los siguientes valores para el riesgo tolerable:

Tabla 7. Valores Típicos de riesgo tolerable

| Tipo de pérdida | $R_T (y^{-1})$ |
|-----------------------------------------|----------------|
| Pérdida de vidas o lesiones permanentes | 10^{-5} |
| Pérdida de servicio público | 10^{-3} |
| Pérdida de patrimonio Cultural | 10^{-3} |

Como se pudo evidenciar al comienzo de este documento, para calcular el riesgo en la estructura se deben calcular los diferentes riesgos presentes R1, R2, R3 y R4, a partir de las fórmulas presentadas a continuación:

CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL TESALIA
(Tesalia - Huila)
EVALUACIÓN DE NIVEL DE RIESGO

Tabla 4. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en la estructura

| Tipo de Daño | | Lesiones a seres vivos | Daños físicos | Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------|---------------|----------------------------------------------|
| Componente de Riesgo | | R_s | R_f | R_o |
| Tipo de Riesgo | R_1 | $R_A + R_U$ | $R_B + R_V$ | $R_C + R_M + R_W + R_Z^{(1)}$ |
| | R_2 | - | $R_B + R_V$ | $R_C + R_M + R_W + R_Z$ |
| | R_3 | - | $R_B + R_V$ | - |
| | R_4 | $R_A + R_U^{(2)}$ | $R_B + R_V$ | $R_C + R_M + R_W + R_Z$ |
| ⁽¹⁾ Únicamente para estructuras con riesgo de explosión, o para hospitales u otras estructuras en donde la falla de sistemas internos ponga en peligro la vida humana. | | | | |
| ⁽²⁾ Únicamente para propiedades en donde pueda haber pérdida de animales. | | | | |

Tabla 8. Componentes de riesgo en estructuras

| Daño | Descargas sobre la Estructura S_1 | Descargas cercanas a la estructura S_2 | Descargas sobre las acometidas de servicios $S_3^{(1)}$ | Descargas cercanas a las acometidas de servicios $S_4^{(1)}$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| D1 | $R_A = N_D * P_A * L_A$ | | $R_U = (N_L + N_{Da}) * P_U * L_U$ | |
| D2 | $R_B = N_D * P_B * L_B$ | | $R_V = (N_L + N_{Da}) * P_V * L_V$ | |
| D3 | $R_C = N_D * P_C * L_C$ | $R_M = N_M * P_M * L_M$ | $R_W = (N_L + N_{Da}) * P_W * L_W$ | $R_Z = (N_I - N_L) * P_Z * L_Z$ |
| ⁽¹⁾ Si la línea tiene más de una sección (aérea, subterránea, apantallada, sin apantallamiento), el valor de R_U , R_V , R_W y R_Z serán la suma de los valores R_U , R_V , R_W y R_Z pertinentes a cada sección de la línea. En caso de que a la estructura lleguen más líneas conectadas a través de diferentes rutas, el cálculo se debe hacer para cada línea. | | | | |
| NOTA 1 Las componentes L_x varían de acuerdo al tipo de riesgo a evaluar (R_1 , R_2 , R_3 , R_4) | | | | |
| NOTA 2 Para el cálculo de R_Z si $(N_I - N_L) \leq 0$ entonces $R_Z = 0$ | | | | |

4.1. Riesgo de pérdida de vida humana (R_1).

Para calcular el riesgo de pérdida de vida humana, se aplica la siguiente fórmula:

$$R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V$$

El riesgo R_A se debe a las tensiones de paso y contacto fuera de la estructura, por lo cual se debe calcular el factor L_A .

$$L_A = r_a * L_t$$

$$L_A = 1,0E-06$$

Con este parámetro, tenemos que

$$R_A = 1,24E-09$$

El riesgo R_B se debe a fuego o explosión dentro de la estructura por arco eléctrico. Por ello se debe calcular el factor L_B .

$$L_B = r_p * h_z * r_f * L_f$$

$$L_B = 1,3E-03$$

Con este parámetro, tenemos que

$$R_B = 1,55E-06$$

CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL TESALIA

(Tesalia - Huila)

EVALUACIÓN DE NIVEL DE RIESGO

El riesgo RU se debe a lesiones causadas por tensiones de contacto dentro de la estructura, por corrientes que fluyen a través de una línea entrante a la estructura. Para calcularlo se debe trabajar con el factor LU:

$$LU = ru * Lt$$

$$LU = 1,0E-06$$

Con este parámetro, tenemos que

$$RU = 3,86E-12$$

El riesgo RV se debe a daños físicos debido a corrientes de rayo transmitidas a través de la acometida de servicios. Para determinarlo, se debe calcular LV

$$LV = rp * hz * rf * Lf$$

$$LV = 1,3E-03$$

Con este parámetro, tenemos que

$$RV = 4,83E-09$$

Luego de obtener todas las componentes del riesgo R1, tendríamos que:

| | |
|-------------|-----------------|
| RU = | 1,55E-06 |
| RV = | 1,00E-05 |

$$R1 < RT$$

Debido a que el riesgo de pérdida de vidas humanas es menor que el riesgo tolerable, NO se hace necesaria la protección contra descargas atmosféricas por este riesgo.

4.2. Riesgo de pérdida del servicio público (R2).

Para calcular el riesgo de pérdida del servicio público, se aplica la siguiente fórmula:

$$R2 = RU + RV$$

Estos componentes ya fueron calculados para determinar el riesgo R1; teniendo que:

| | |
|-------------|-----------------|
| RU = | 3,86E-12 |
| RV = | 4,83E-09 |

Luego de obtener todas las componentes del riesgo R2, tendríamos que:

| | |
|-------------|-----------------|
| R2 = | 4,83E-09 |
| RT = | 1,00E-03 |

$$R2 < RT$$

Debido a que el riesgo de pérdida de servicio público es menor que el riesgo tolerable, NO se hace necesaria la protección contra descargas atmosféricas por este riesgo.

CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL TESALIA

(Tesalia - Huila)

EVALUACIÓN DE NIVEL DE RIESGO

4.3. Riesgo de pérdida valor económico (R3).

Para calcular el riesgo de pérdida del servicio público, se aplica la siguiente fórmula:

$$R4 = RA + RU + RV$$

Estos componentes ya fueron calculados para determinar el riesgo R1; teniendo que:

| | |
|-------------|-----------------|
| RA = | 1,24E-09 |
| RU = | 3,86E-12 |
| RV = | 4,83E-09 |

Luego de obtener todas las componentes del riesgo R4, tendríamos que:

| | |
|-------------|-----------------|
| R4 = | 6,07E-09 |
| RT = | 1,00E-02 |

| |
|-------------------|
| R3 < RT |
|-------------------|

Debido a que el riesgo de pérdida del valor económico es menor que el riesgo tolerable, NO se hace necesaria la protección contra descargas atmosféricas por este riesgo.

5. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO.

Después de los cálculos de riesgo presentados anteriormente, se concluye que:

- No es necesario un sistema de protección externa contra descargas atmosféricas, de acuerdo al resultado arrojado por la componente de riesgo por vida humana; sin embargo, como hay alta concentración de personas, se propone un sistema de protección externa contra rayos nivel IV.
- A su vez se hace necesario un sistema de protección interna (DPS), para la seguridad de las personas y de las instalaciones.
- Se debe construir un sistema de puesta a tierra, cumpliendo con los parámetros de la norma NTC 2050.
- Dado el NPR utilizado, el radio de la esfera para el empleo del método electrogeométrico es de 55 m, y con disposición de bajantes en las esquinas, y las intermedias distanciadas entre sí un promedio de 20 m aproximadamente.

Ing. José Alexander González B.
M.P. CN205-38699