

<div>Universidad Industrial de Santander</div> <div></div>	<div>EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS SEGÚN NTC 4552-2</div>	<div></div>
---	---	--

Nombre de la empresa:

Universidad Industrial de Santander

Proyecto/edificación a evaluar:

Plaza de mercado La Concordia

Riesgos a evaluar en la estructura:

R1: Riesgo de pérdida de vidas humanas

GUARDAR

LIMPIAR DATOS

Realizado por: Juan Andres Velandia y Yurbreiner Barajas

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^{(1)} + R_{M1}^{(1)} + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^{(1)} + R_{Z1}^{(1)} \quad (1)$$

¹⁾ Solo para estructuras con riesgo de explosión y hospitales con equipos de reanimación eléctrica u otras estructuras en las que la falla de los sistemas internos ponga en peligro inmediato la vida humana.

¿Aplica la Nota 1?

No

R_{A1}

Riesgo de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto a causa de impactos directos de rayo en la estructura

$$R_{A1} = N_D \times P_A \times L_A \quad (6)$$

$$N_D = N_G \times P_A \times L_A \times 10^{-6} \quad (A.4)$$

N_D : Número de eventos peligrosos por descargas en una estructura

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \text{ rayos/km}^2\text{-año}$$

A_D : Área de recolección de descargas de una estructura aislada

$$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad (A.2)$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$W = 13 \text{ m}$$

$$H = 6 \text{ m}$$

$$A_D = 1975,9 \text{ m}^2$$

$A_{D'}$ = Área de recolección de descargas correspondiente a un saliente del techo

$$A_{D'} = \pi \times (3 \times H_p)^2 \quad (A.3)$$

$$H_p = 2 \text{ metros}$$

$$A_{D'} = 113,1 \text{ m}^2$$

Así,

$$A_D = 1975,9$$

Factor de localización

Estructura aislada: sin otros objetos en las proximidades

$$C_D = 1$$

(Tabla A.1)

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

$N_D = 0,00$ rayos-año

$$P_A = P_{TA} \times P_B \quad (B.1)$$

P_A : Probabilidad de lesiones a seres vivos descarga eléctrica (descargas en una estructura)

Medidas de protección adicionales
frente a tensiones de paso y de contacto

Sin medidas de protección

$P_{TA} = 1$

(Tabla B.1)

Nivel del sistema de protección contra
rayos

Estructura no protegida por un SPCR

$P_B = 1$

(Tabla B.2)

$$P_A = 1$$

$$L_A = r_t \times L_T \times n_z/n_t \times t_z / 8760$$

L_A : Pérdida relacionada con lesiones a seres vivos por descargas eléctricas (descargas en la estructura)

Factor reductor en función del tipo de la
superficie del terreno o del suelo

Agrícola, hormigón ($\leq 1 \text{ k}\Omega$)

$r_t = 1,00E-02$

(Tabla C.3)

LT: Valor medio típico en porcentaje del número de víctimas lesionadas por descarga eléctrica debido a un evento peligroso

$$L_T = 1,00E-02$$

(Tabla C.2)

n_z/n_t = número de personas en la zona / número total de personas en la estructura

$$n_z/n_t = 80\%$$

t_z = Tiempo de anual de horas en que las personas se encuentran en la zona

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

$$t_z/8760 = 100\%$$

$$L_A = 8,00E-05$$

Por tanto,

$$R_{A1} = 1,58E-07$$

R_{B1} Riesgo por daño físico (incendio o explosión) debido a chispas peligrosas a causa de impactos directos de rayo en la estructura

$$R_{B1} = N_D \times P_B \times L_B \quad (7)$$

$$N_D = 0,00 \quad \text{rayos-año}$$

$$P_B = 1 \quad (\text{Tabla B.2})$$

$$L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z/n_t \times t_z/8760 \quad (C.3)$$

L_B = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en esta

Factor reductor en función de las medidas tomadas para reducir los efectos del fuego

Sin medidas

$$r_p = 1,00E+00$$

(Tabla C.4)

Factor reductor en función del riesgo de incendio o de explosión en la estructura

Riesgo de fuego normal

$$r_f = 1,00E-02$$

(Tabla C.5)

Factor amplificador del grado de las pérdidas por la presencia de un daño especial

Nivel bajo de pánico (ej. estructuras limitadas a dos pisos y número de personas inferior a 100)

$$h_z = 2,00E+00$$

(Tabla C.6)

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

Valor promedio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

Industria, comercial

$$L_F = 2,00E-02$$

(Tabla C.2)

n_z/n_t = número de personas en la zona / número total de personas en la estructura

$$n_z/n_t = 80\%$$

t_z = Tiempo de anual de horas en que las personas se encuentran en la zona

$$t_z/8760 = 100\%$$

$$L_B = 3,20E-04$$

Por tanto,

$$R_{B1} = 6,32E-07$$

R_{C1} Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos directos de rayos en la estructura

$$R_{C1} = N_D \times P_C \times L_C \quad (8)$$

$$N_D = 0,00 \quad \text{rayos-año}$$

$$P_C = P_{DPS} \times C_{LD} \quad (B.2)$$

P_C = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos de rayos en la estructura

Valores de la probabilidad en función del nivel de protección para el que se han diseñado los DPS

Sin un sistema coordinado de DPS

$$P_{DPS} = 1,00$$

(Tabla B.3)

C_{LD} = Factor dependiente de las condiciones de apantallamiento, aterrizaje y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica a las cuales están conectados los equipos eléctricos y electrónicos internos

$$C_{LD} = 1$$

(Tabla B.4)

$$P_C = 1,000$$

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

L_C = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos de rayos en la estructura

$$L_C = L_O \times c_s / c_t \quad (\text{Tabla C.11}) \quad (\text{C.13})$$

Valor medio relativo típico de los bienes afectados por la falla de los sistemas internos

Hospitales, industrias, oficinas, hoteles, comercio

$$L_O = 1,00E-02 \quad (\text{Tabla C.12})$$

c_s = Valor de los sistemas internos incluidas sus actividades de la zona

c_t = Valor total de la estructura

$$c_s / c_t = 1 \quad (\text{Nota a}) \quad (\text{Tabla C.11})$$

$$L_C = 1,00E-02$$

Por tanto,

$$R_{CI} = 0,00E+00$$

R_{M1} Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos de rayos cerca a la estructura

$$R_{M1} = N_M \times P_M \times L_M \quad (9)$$

$$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6} \quad (\text{A.6})$$

N_M = Número de eventos peligrosos debido a impactos cercanos a la estructura

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_M = Area colectora asociada a las cercanías del edificio

$$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2 \quad (\text{A.7})$$

$$L = 10 \text{ metros}$$

$$W = 13 \text{ metros}$$

$$A_M = 808398,2 \text{ m}^2$$

$$N_M = 0,81$$

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

P_M = Probabilidad de que un impacto cercano a la estructura cause fallas en los sistemas internos

$$P_M = P_{DPS} \times P_{MS} \quad (B.3)$$

$$P_{DPS} = 1,000 \quad (\text{Tabla B.3})$$

P_{MS} = Probabilidad de que un impacto de rayo cercano a la estructura cause fallas y/o averías en los sistemas internos

$$P_{MS} = (K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4})^2 \quad (B.4)$$

K_{S1} = Hace referencia a la efectividad del apantallamiento de la estructura en las zona LPZ 0/1

K_{S2} = Hace referencia a la efectividad al blindaje interno de la estructura en las zona LPZ X/Y ($X > 0$, $Y > 1$)

$$K_{S1} = K_{S2} = 1 \quad \text{Nota 3 Numeral B.5}$$

Hace referencia a las características del cableado interno

Cable sin blindar - sin precauciones de cableado para evitar bucles (área del bucle del orden de 50m²)

$$K_{S3} = 1 \quad (\text{Tabla B.5})$$

K_{S4} = Hace referencia al impulso de tensión soportado de los sistemas a proteger

$$K_{S4} = 1 \quad \text{Nota 4 Numeral B.5}$$

$$P_{MS} = 1,00$$

$$P_M = 1,00E+00$$

L_M = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos de rayos cercanos a la estructura

$$L_M = L_O \times c_S / c_t \quad (\text{Tabla C.11}) \quad (C.13)$$

$$L_M = 1,00E-02$$

Por tanto,

$$R_{M1} = 0,00E+00$$

R_{U1} Riesgo de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$R_{U1} = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U \quad (10)$$

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

$$N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.8)$$

N_L = Promedio anual de descargas sobre las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_L = Área efectiva de descargas en las líneas de alimentación eléctrica

$$A_L = 40 \times L_L \quad (A.9)$$

L_L = Longitud de la sección de la línea de alimentación eléctrica en estudio

$$L_L = 500 \text{ metros}$$

Por tanto,

$$A_L = 20000,0 \text{ m}^2$$

Factor de instalación de las líneas de alimentación eléctrica

Aérea

$$C_I = 1$$

(Tabla A.2)

Factor ambiental respecto a las líneas de alimentación eléctrica

Urbano

$$C_E = 0,1$$

(Tabla A.4)

Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

Línea de potencia de BT, línea de datos o de telecomunicación

$$C_T = 1$$

(Tabla A.3)

$$N_L = 2,00E-03$$

$$N_{DJ} = N_G \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.5)$$

N_{DJ} = Promedio anual de descargas sobre estructuras conectadas al extremo opuesto de las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_{DJ} = Area colectora asociada a la estructura de soporte de la acometida

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

$$A_{DJ} = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad (A.2)$$

$$L_J = 1 \text{ metros}$$

$$W_J = 1 \text{ metros}$$

$$H_J = 8 \text{ metros}$$

$$A_{DJ} = 1906,6 \text{ m}^2$$

Factor de localización

Estructura aislada: sin otros
objetos en las proximidades

$$C_{DJ} = 1$$

(Tabla A.1)

CT = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_T = 1$$

(Tabla A.3)

$$N_{DJ} = 1,91E-03$$

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.8)$$

P_U = Probabilidad de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto debidas a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

Factor de las medidas de protección ante tensiones de paso o de contacto (restricciones físicas, avisos de precaución)

Sin medidas de protección

$$P_{TU} = 1$$

(Tabla B.6)

Valor relacionado a los DPS implementados en el sistema en función del nivel de protección contra rayos.

Sin DPS

$$P_{EB} = 1$$

(Tabla B.7)

Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

$$P_{LD} = 1$$

(Tabla B.8)

Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

alimentación eléctrica

$$C_{LD} = 1$$

(Tabla B.4)

$$P_U = 1,00E+00$$

$$L_U = r_t \times L_T \times n_z/n_t \times t_z/8760$$

(C.2)

L_U = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en esta

r_t = Es el factor de reducción de afectación a personas relacionado con el tipo de suelo o terreno

$$r_t = 1,00E-02$$

(Tabla C.3)

L_T = Es el número promedio típico realativo de personas afectadas por tensiones de paso o de contacto a causa impactos en las líneas de alimentación eléctrica

$$L_T = 1,00E-02$$

(Tabla C.2)

n_z/n_t = número de personas en la zona / número total de personas en la estructura

$$n_z/n_t = 80\%$$

t_z = Tiempo de anual de horas en que las personas se encuentran en la zona

$$t_z/8760 = 100\%$$

$$L_U = 8,00E-05$$

Por tanto,

$$R_{U1} = 3,13E-07$$

R_{V1} Riesgo de lesiones a personas por daños físicos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$R_{V1} = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V \quad (10)$$

$$N_L = 2,00E-03$$

$$N_{DJ} = 1,91E-03$$

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$$

(B.8)

P_V = Probabilidad de afectación por daños físicos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

P_{EB} = Valor relacionado a los DPS implementados en el sistema en función del nivel de protección contra rayos.

$$P_{EB} = 1$$

(Tabla B.7)

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

P_{LD} = Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

$$P_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.8})$$

C_{LD} = Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.4})$$

$$P_V = 1,00$$

$$L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z/n_t \times t_z/8760 \quad (\text{C.3})$$

L_V = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en las líneas de alimentación eléctrica de esta

r_p = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

$$r_p = 1,00E+00 \quad (\text{Tabla C.4})$$

r_f = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos dependiendo el riesgo de incendio evidente

$$r_f = 1,00E-02 \quad (\text{Tabla C.5})$$

h_z = Factor de incremento de pérdidas a causa de daños físicos cuando un peligro especial está presente

$$h_z = 2,00E+00 \quad (\text{Tabla C.6})$$

L_F = Valor medio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

$$L_F = 2,00E-02 \quad (\text{Tabla C.2})$$

n_z/n_t = número de personas en la zona / número total de personas en la estructura

$$n_z/n_t = 80\%$$

t_z = Tiempo de anual de horas en que las personas se encuentran en la zona

$$t_z/8760 = 100\%$$

$$L_V = 3,20E-04$$

Por tanto,

$$R_{V1} = 1,25E-06$$

R_{W1} Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$R_{W1} = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W \quad (10)$$

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

$$N_L = 2,00E-03$$

$$N_{DJ} = 1,91E-03$$

$$P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.8)$$

P_W = Probabilidad de falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

$$P_{SPD} = 1,00E+00 \quad (\text{Tabla B.3})$$

$$P_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.8})$$

$$C_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.4})$$

$$P_W = 1$$

L_W = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

$$L_W = L_O \times c_s / c_t \quad (\text{Tabla C.11}) \quad (C.13)$$

$$L_W = 1,00E-02$$

Por tanto,

$$R_{W1} = 0,00E+00$$

R_{Z1} Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos de rayos cerca a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

$$R_{Z1} = N_I \times P_Z \times L_Z \quad (13)$$

N_I = Número de sobretensiones de amplitud no menor a 1 kV (1/año) en las líneas de alimentación eléctrica

$$N_I = N_G \times A_I \times C_I \times C_T \times C_E \times 10^{-6} \quad (A.10)$$

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_I = Area colectora asociada a las cercanías de las líneas de alimentación eléctrica (acometida) del edificio

$$A_I = 4000 \times L_L \quad (A.11)$$

$$L_L = 500 \text{ (m)} \quad \text{Longitud de la acometida}$$

$$A_I = 2000000,0 \text{ m}^2$$

C_I = Factor de instalación de la acometida

$$C_I = 1 \quad (\text{Tabla A.2})$$

C_T = Factor del tipo de acometida

Universidad Industrial de Santander

Plaza de mercado La Concordia

Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

0

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R1: RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA HUMANA

$$C_T = 1 \quad (\text{Tabla A.3})$$

C_E = Factor ambiental

$$C_E = 0,1 \quad (\text{Tabla A.4})$$

$$N_I = 2,00E-01$$

P_Z = Probabilidad de que un impacto cercano a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura cause fallas en los sistemas internos

$$P_Z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI} \quad (\text{B.11})$$

$$P_{SPD} = 1,00 \quad (\text{Tabla B.3})$$

P_{LI} = Probabilidad de falla de sistemas internos a causa de impactos cercanos a las líneas de alimentación eléctricas de la estructura de acuerdo con el tipo de estas y las características de los equipos alimentados

$$P_{LI} = 1,00E+00 \quad (\text{Tabla B.9})$$

C_{LI} = Factor dependiente de las condiciones de apantallamiento, aterrizaje y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_{LI} = 1 \quad (\text{Tabla B.4})$$

$$P_Z = 1,00E+00$$

L_Z = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos cercanos a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

$$L_Z = L_O \times c_s / c_t \quad (\text{Tabla C.11}) \quad (\text{C.13})$$

$$L_Z = 1,00E-02$$

Por tanto,

$$R_{Z1} = 0,00E+00$$

Se obtiene que:

$$R_1 = 2,35E-06$$

$$R_T = 1,0E-05$$

EN LAS CONDICIONES CONSIDERADAS, EL RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS O LESIONES A PERSONAS DEBIDO A DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS ES MENOR QUE EL VALOR DE RIESGO TOLERABLE, POR TANTO DICHAS MEDIDAS SON EFECTIVAS.

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
Trabajo de grado

NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R2: RIESGO DE PÉRDIDA DE UN SERVICIO PÚBLICO

$$R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} \quad (2)$$

R_{B2} Riesgo de pérdidas de servicios públicos a causa de daños físicos en la estructura

$$R_{B2} = N_D \times P_B \times L_B \quad (7)$$

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (A.4)$$

N_D = Número de eventos peligrosos debido a impactos directos en la estructura

N_G = DRT seleccionada

$N_G = 1$	rayos/km²-año
-----------	---------------------------------

A_D : Área colectora asociada al edificio completo

$$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad (A.2)$$

$$L = 10 \text{ metros}$$

$$W = 13 \text{ metros}$$

$$H = 6 \text{ metros}$$

$$A_D = 1975,9 \text{ m}^2$$

$A_{D'}$ = Área colectora asociada a edificación con protuberancias

$$A_{D'} = \pi \times (3 \times H_p)^2 \quad (A.3)$$

$$H_p = 2 \text{ metros}$$

$$A_{D'} = 113,1 \text{ m}^2$$

Así,

$$A_D = 1975,9 \text{ m}^2$$

C_D = Factor de localización

$$C_D = 1 \quad (\text{Tabla A.1})$$

$$N_D = 0,00 \text{ rayos-año}$$

$$P_B = \text{Nivel del sistema de protección contra rayos} \quad (B.2)$$

$$P_B = 1 \quad (\text{Tabla B.2})$$

$$L_B = r_p \times R_f \times L_f \times n_z/n_t$$

L_B = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en esta

r_p = Es el factor de reducción de afectación debido a provisiones contra el fuego

$$r_p = 1,00E+00 \quad (\text{Tabla C.4})$$

r_f = Factor de reducción de pérdidas dependiendo el riesgo de incendio

$$r_f = 1,00E-02 \quad (\text{Tabla C.5})$$

Valor promedio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

TV, líneas de telecomunicación

$$L_F = 1,00E-02 \quad (\text{Tabla C.8})$$

n_z/n_t = número de personas en la zona / número total de personas en la estructura

$$n_z/n_t = 80\%$$

$$L_B = 8,00E-05$$

Por tanto,

$$R_{B2} = 1,58E-07$$

R_{C2} Componente relacionado con falla de sistemas internos causada por impulsos electromagnéticos

$$R_{C2} = N_D \times P_C \times L_C \quad (8)$$

$$N_D = 0,00 \quad \text{rayos-año}$$

$$P_C = P_{DPS} \times C_{LD} \quad (B.2)$$

P_C = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos de rayos en la estructura

Valor del sistema coordinado de DPS de acuerdo con IEC 62305-4 y el nivel de protección contra rayos para el cual estos DPS están designados

Sin un sistema coordinado de DPS

$$P_{DPS} = 1 \quad (\text{Tabla B.3})$$

$$C_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.4})$$

$$P_C = 1$$

$$L_C = L_O \times n_z/n_t \quad (C.8)$$

L_C = Pérdida relacionada con fallas de sistemas internos por impacto a las estructuras

L_O = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

$$L_O = 1,00E-03 \quad (\text{Tabla C.8})$$

n_z/n_t = número de personas en la zona / número total de personas en la estructura

$$n_z/n_t = 80\%$$

$$L_C = 8,00E-04$$

Por tanto,

$$R_{C2} = 1,58E-06$$

R_{M2} Componente de riesgo para la estructura debido a impactos cercanos a la estructura

$$R_{M2} = N_M \times P_M \times L_M \quad (9)$$

$$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6} \quad (A.6)$$

N_M = Promedio anual de eventos peligrosos debido a impactos cercanos a la estructura

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_M = Area colectora asociada a las cercanías del edificio

$$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2 \quad (A.7)$$

$$L = 10 \text{ metros}$$

$$W = 13 \text{ metros}$$

Por tanto,

$$A_M = 808398,2 \text{ m}^2$$

$$N_M = 8,08E-01$$

P_M = Probabilidad de que un impacto cercano a la estructura cause fallas en los sistemas internos

$$P_M = P_{DPS} \times P_{MS} \quad (B.3)$$

$$P_{DPS} = 1,00 \quad (\text{Tabla B.3})$$

P_{MS} = Probabilidad de que un impacto de rayo cercano a la estructura cause fallas y/o averías en los sistemas internos

$$P_{MS} = (K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4})^2 \quad (B.4)$$

K_{S1} = Hace referencia a la efectividad del apantallamiento de la estructura en las zona LPZ 0/1

K_{S2} = Hace referencia a la efectividad al blindaje interno de la estructura en las zona LPZ X/Y ($X > 0$, $Y > 1$)

$$K_{S1} = K_{S2} = 1 \quad \text{Nota 3 Numeral B.5}$$

Hace referencia a las características del cableado interno

Cable sin blindar - sin precauciones de cableado para evitar bucles (área del bucle del orden de 50m²)

$$K_{S3} = 1 \quad (\text{Tabla B.5})$$

K_{S4} = Hace referencia al impulso de tensión soportado de los sistemas a proteger

$$K_{S4} = 1$$

Nota 4 Numeral B.5

$$P_{MS} = 1,00E+00$$

$$P_M = 1,00E+00$$

$$L_M = L_O \times n_z/n_t \quad (C.8)$$

L_M = Pérdida relacionada con fallas de sistemas internos por impacto cercano a las estructuras

L_O = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

$$L_O = 1,00E-03 \quad (\text{Tabla C.8})$$

n_z/n_t = número de personas en la zona / número total de personas en la estructura

$$n_z/n_t = 80\%$$

$$L_M = 8,00E-04$$

Por tanto,

$$R_{M2} = 6,47E-04$$

R_{V2} Riesgo de pérdida de servicios públicos por daños físicos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$R_{V2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V \quad (10)$$

$$N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.8)$$

N_L = Promedio anual de descargas sobre las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_L = Área efectiva de descargas en las líneas de alimentación eléctrica

$$A_L = 40 \times L_L \quad (A.9)$$

L_L = Longitud de la sección de la línea de alimentación eléctrico en estudio

$$L_L = 500 \text{ metros}$$

Por tanto,

$$A_L = 20000,0 \text{ m}^2$$

C_I = Factor de instalación de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_I = 1 \quad (\text{Tabla A.2})$$

C_E = Factor ambiental respecto a las líneas de alimentación eléctrica

$$C_E = 0,1 \quad (\text{Tabla A.4})$$

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_T = 1 \quad (\text{Tabla A.3})$$

$$N_L = 2,00E-09$$

$$N_{DJ} = N_G \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.5)$$

N_{DJ} = Promedio anual de descargas sobre estructuras conectadas al extremo opuesto de las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_{DJ} = Area colectora asociada a la estructura de soporte de la acometida

$$A_{DJ} = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad (\text{A.2})$$

$$L = 1 \text{ metros}$$

$$W = 1 \text{ metros}$$

$$H = 8 \text{ metros}$$

$$A_{DJ} = 1906,6 \text{ m}^2$$

C_{DJ} = Factor de localización

$$C_{DJ} = 1 \quad (\text{Tabla A.1})$$

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_T = 1 \quad (\text{Tabla A.3})$$

$$N_{DJ} = 1,91\text{E-}03$$

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (\text{B.8})$$

P_V = Probabilidad de afectación por daños físicos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

P_{EB} = Valor relacionado a los DPS implementados en el sistema en función del nivel de protección contra rayos.

$$P_{EB} = 1 \quad (\text{Tabla B.7})$$

P_{LD} = Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

$$P_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.8})$$

C_{LD} = Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.4})$$

$$P_V = 1,00\text{E+}00$$

$$L_V = r_p \times r_f \times L_F \times n_z/n_t \quad (\text{C.3})$$

L_V = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en las líneas de alimentación eléctrica de esta

r_p = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

$$r_p = 1,00\text{E+}00 \quad (\text{Tabla C.4})$$

r_f = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos dependiendo el riesgo de incendio evidente

$$r_f = 1,00\text{E-}02 \quad (\text{Tabla C.5})$$

L_F = Valor medio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

$$L_F = 1,00\text{E-}02 \quad (\text{Tabla C.8})$$

n_z/n_t = número de personas en la zona / número total de personas en la estructura

$$n_z/n_t = 80\%$$

$$L_v = 8,00E-05$$

Por tanto,

$$R_{v2} = 1,53E-07$$

R_{w2} Riesgo de pérdida de servicios públicos por falla de sistemas internos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$R_{w2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W \quad (12)$$

$$N_L = 2,00E-09$$

$$N_{DJ} = 1,91E-03$$

$$P_W = P_{DPS} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.8)$$

P_W = Probabilidad que un impacto de rayo directo en la línea cause fallas en los sistemas internos

P_{DPS} = Valor relacionado con el sistema DPS coordinado conforme a IEC 62305-4 y el nivel de protección contra rayos (LPL) para el cual están diseñados sus DPS.

$$P_{SPD} = 1,00E+00 \quad (Tabla B.3)$$

P_{LD} = Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

$$P_{LD} = 1 \quad (Tabla B.8)$$

C_{LD} = Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_{LD} = 1 \quad (Tabla B.4)$$

$$P_W = 1,00E+00$$

$$L_W = L_O \times n_z/n_t \quad (C.8)$$

L_W = Pérdida relacionada con fallas de sistemas internos por impacto a las líneas

L_O = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

$$L_O = 1,00E-03 \quad (Tabla C.8)$$

n_z/n_t = número de personas en la zona / número total de personas en la estructura

$$n_z/n_t = 80\%$$

$$L_W = 8,00E-04$$

Por tanto,

$$R_{w2} = 1,53E-06$$

R_{z2} Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos de rayos cerca a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

$$R_{z2} = N_I \times P_Z \times L_Z \quad (13)$$

N_I = Número de sobretensiones de amplitud no menor a 1 kV (1/año) en las líneas de alimentación eléctrica

$$N_I = N_G \times A_I \times C_I \times C_T \times C_E \times 10^{-6} \quad (A.10)$$

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$
$$A_I = 2000000,0 \quad \text{m}^2$$

C_I = Factor de instalación de la acometida

$$C_I = 1 \quad (\text{Tabla A.2})$$

C_T = Factor del tipo de acometida

$$C_T = 1 \quad (\text{Tabla A.3})$$

C_E = Factor ambiental

$$C_E = 0,1 \quad (\text{Tabla A.4})$$

$$N_I = 2,00E-01$$

P_Z = Probabilidad de que un impacto cercano a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura cause fallas en los sistemas internos

$$P_Z = P_{DPS} \times P_{LI} \times C_{LI} \quad (B.11)$$

$$P_{DPS} = 1 \quad (\text{Tabla B.3})$$

P_{LI} = Probabilidad de falla de sistemas internos a causa de impactos cercanos a las líneas de alimentación eléctricas de la estructura de acuerdo con el tipo de estas y las características de los equipos alimentados

$$P_{LI} = 1,00E+00 \quad (\text{Tabla B.9})$$

C_{LI} = Factor dependiente de las condiciones de apantallamiento, aterrizaje y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_{LI} = 1 \quad (\text{Tabla B.4})$$

$$P_Z = 1,00E+00$$

L_Z = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos cercanos a las líneas

L_O = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante

$$L_O = 1,00E-03 \quad (\text{Tabla C.8})$$

n_z/n_t = número de personas en la zona / número total de personas en la estructura

$$n_z/n_t = 80\%$$

$$L_Z = 8,00E-04$$

Por tanto,

$$R_{ZZ} = 1,60E-04$$

Se obtiene que:

$$R_2 = 8,10E-04$$

$$R_T = 1,0E-03$$

EN LAS CONDICIONES CONSIDERADAS, EL RIESGO DE PÉRDIDA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEBIDO A DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS ES MENOR QUE EL VALOR DE RIESGO TOLERABLE, POR TANTO DICHAS MEDIDAS SON EFECTIVAS.



Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
 NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

$$R_4 = R_{A4}^{(2)} + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4}^{(2)} + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4} \quad (4)$$

²⁾ Solo para propiedades donde puede producirse pérdida de animales.

¿Aplica la Nota 2?

No

R_{A4} Riesgo de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto a causa de impactos directos de rayo en la estructura

$$R_{A4} = N_D \times P_A \times L_A \quad (6)$$

$$N_D = N_G \times P_A \times L_A \times 10^{-6} \quad (A.4)$$

N_D : Número de eventos peligrosos debido a impactos directos en la estructura

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_D : Area colectora asociada al edificio completo

$$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad (A.2)$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$W = 13 \text{ m}$$

$$H = 6 \text{ m}$$

$$A_D = 1975,9 \text{ m}^2$$

A_D = Área colectora asociada a edificación con protuberancias

$$A_D = \pi \times (3 \times H_p)^2 \quad (A.3)$$

$$H_p = 2 \text{ metros}$$

$$A_D = 113,1 \text{ m}^2$$

Así,

$$A_D = 1975,9$$

CD = Factor de localización

$$C_D = 1 \quad (\text{Tabla A.1})$$

$$N_D = 0,00 \quad \text{rayos-año}$$

$$P_A = P_{TA} \times P_B \quad (B.1)$$

P_A : Probabilidad de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto debidas a impactos directos en la estructura

PTA = Medidas de protección adicionales frente a tensiones de paso y de contacto

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
 NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

$$P_{TA} = 1 \quad (\text{Tabla B.1})$$

PB = Nivel del sistema de protección contra rayos

$$P_B = 1,00 \quad (\text{Tabla B.2})$$

$$P_A = 1$$

$$L_A = r_t \times L_T \times c_a/c_t^a$$

L_A : Pérdida relacionada con lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto por impactos de rayos en la estructura

r_t = Factor de reducción de afectación a personas relacionado con el tipo de suelo o terreno

$$r_t = 1,00E-02 \quad (\text{Tabla C.3})$$

L_T : Valor promedio típico realativo de personas afectadas por tensiones de paso o de contacto a causa impactos en la estructura

$$L_T = 1,00E-02 \quad (\text{Tabla C.12})$$

$$c_a/c_t = 1 \text{ según Nota a Tabla C.11} \quad (\text{Tabla C.11})$$

$$L_A = 1,00E-04$$

Por tanto,

$$R_{A4} = 0,00E+00$$

R_{B4} Riesgo por daño físico (incendio o explosión) debido a chispas peligrosas a causa de impactos directos de rayo en la estructura

$$R_{B4} = N_D \times P_B \times L_B \quad (7)$$

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (A.4)$$

N_D = Número de eventos peligrosos debido a impactos directos en la estructura

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_D = Area colectora asociada al edificio completo

$$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L+W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad (A.2)$$

$$L = 10 \text{ metros}$$

$$W = 13 \text{ metros}$$

$$H = 6 \text{ metros}$$

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
 NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

$$A_D = 1975,9 \text{ m}^2$$

$A_D = \text{Área colectora asociada a edificación con protuberancias}$	
$A_D = \pi \times (3 \times H_p)^2$	(A.3)
$H_p =$	2 metros
$A_D =$	113,1 m ²

$$A_D = 1975,9$$

C_D = Factor de localización

$$C_D = 1 \quad \text{(Tabla A.1)}$$

$$N_D = 0,00 \quad \text{rayos-año}$$

P_B = Nivel del sistema de protección contra rayos

$$P_B = 1 \quad \text{(Tabla B.2)}$$

***Un sistema de protección contra rayos existente sin diseño y estudios previos no se considera**

$$L_B = r_p \times r_f \times L_F \times (c_a + c_b + c_c + c_s)/c_t^a \quad \text{(C.3)}$$

L_B = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en esta

r_p = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos por medidas que se adopten ante las afectaciones por fuego

$$r_p = 1,00E+00 \quad \text{(Tabla C.4)}$$

r_f = Factor de reducción de pérdidas debido a los daños físicos dependiendo el riesgo de incendio evidente

$$r_f = 1,00E-02 \quad \text{(Tabla C.5)}$$

L_F = Valor medio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

Valor promedio típico relativo de los bienes afectados por daño físico debido a un evento perjudicial

Industria, comercial

$$L_F = 2,00E-02 \quad \text{(Tabla C.12)}$$

$$(c_a + c_b + c_c + c_s)/c_t = 1 \text{ según Nota a Tabla C.11} \quad \text{(Tabla C.11)}$$

$$L_B = 2,00E-04$$

Por tanto,

$$R_{B4} = 3,95E-07$$

R₄ = Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos directos de rayos en la estructura

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
 NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

R_{C4} = Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos directos de rayos en la estructura

$$R_{C4} = N_D \times P_C \times L_C \quad (8)$$

$$N_D = 0,00 \quad \text{rayos-año}$$

$$P_C = P_{DPS} \times C_{LD} \quad (B.2)$$

P_C = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos de rayos en la estructura

Valor del sistema coordinado de DPS de acuerdo con IEC 62305-4 y el nivel de protección contra rayos para el cual estos DPS están designados

Sin un sistema coordinado de DPS

$$P_{DPS} = 1,00E+00 \quad (\text{Tabla B.3})$$

C_{LD} = Factor dependiente de las condiciones de apantallamiento, aterrizaje y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica a las cuales están conectados los equipos eléctricos y electrónicos internos

$$C_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.4})$$

$$P_C = 1,00E+00$$

L_C = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos de rayos en la estructura

$$L_C = L_O \times c_s / c_t \quad (\text{Tabla C.11}) \quad (C.13)$$

Valor medio relativo típico de los bienes afectados por la falla de los sistemas internos

Otros

$$L_O = 1,00E-04 \quad (\text{Tabla C.12})$$

c_s = Valor de los sistemas internos

c_t = Valor total de la estructura

$$c_s / c_t = 1 \quad (\text{Nota a}) \quad (\text{Tabla C.11})$$

$$L_C = 1,00E-04$$

Por tanto,

$$R_{C4} = 1,98E-07$$

R_{M4} = Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos de rayos cerca a la estructura

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
 NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

$$R_{M4} = N_M \times P_M \times L_M \quad (9)$$

$$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6} \quad (A.6)$$

N_M = Número de eventos peligrosos debido a impactos cercanos a la estructura

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_M = Area colectora asociada a las cercanías del edificio

$$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2 \quad (A.7)$$

$$L = 10 \text{ metros}$$

$$W = 13 \text{ metros}$$

$$A_M = 808398,2 \text{ m}^2$$

$$N_M = 0,81$$

P_M = Probabilidad de que un impacto cercano a la estructura cause fallas en los sistemas internos

$$P_M = P_{DPS} \times P_{MS} \quad (B.3)$$

$$P_{DPS} = 1,00E+00 \quad (\text{Tabla B.3})$$

P_{MS} = Probabilidad de que un impacto de rayo cercano a la estructura cause fallas y/o averías en los sistemas internos

$$P_{MS} = (K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4})^2 \quad (B.4)$$

K_{S1} = Hace referencia a la efectividad del apantallamiento de la estructura en las zona LPZ 0/1

K_{S2} = Hace referencia a la efectividad al blindaje interno de la estructura en las zona LPZ X/Y ($X > 0$, $Y > 1$)

$$K_{S1} = K_{S2} = 1 \quad \text{Nota 3 Numeral B.5}$$

Hace referencia a las características del cableado interno

Cable sin blindar - sin precauciones de cableado para evitar bucles (área del bucle del orden de 50m²)

$$K_{S3} = 1 \quad (\text{Tabla B.5})$$

K_{S4} = Hace referencia al impulso de tensión soportado de los sistemas a proteger

$$K_{S4} = 1 \quad \text{Nota 4 Numeral B.5}$$

$$P_{MS} = 1,00E+00$$

$$P_M = 1,00E+00$$

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
 NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

L_M = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos de rayos cercanos a la estructura

$$L_M = L_O \times c_s / c_t \quad (\text{Tabla C.11}) \quad (\text{C.13})$$

$$L_M = 1,00E-04$$

Por tanto,

$$R_{M4} = 8,08E-05$$

R_{U4} Riesgo de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$R_{U4} = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U \quad (10)$$

$$N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.8})$$

N_L = Promedio anual de descargas sobre las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_L = Área efectiva de descargas en las líneas de alimentación eléctrica

$$A_L = 40 \times L_L \quad (\text{A.9})$$

L_L = Longitud de la sección de la línea de alimentación eléctrica en estudio

$$L_L = 500 \text{ metros}$$

Por tanto,

$$A_L = 20000,0 \text{ m}^2$$

C_I = Factor de instalación de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_I = 1 \quad (\text{Tabla A.2})$$

C_E = Factor ambiental respecto a las líneas de alimentación eléctrica

$$C_E = 0,1 \quad (\text{Tabla A.4})$$

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_T = 1 \quad (\text{Tabla A.3})$$

$$N_L = 2,00E-03$$

$$N_{DJ} = N_G \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.5})$$

N_{DJ} = Promedio anual de descargas sobre estructuras conectadas al extremo opuesto de las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
 NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

A_{DJ} = Area colectora asociada a la estructura de soporte de la acometida

$$A_{DJ} = L \times W + 2x(3 \times H) \times (L+W) + \pi \times (3xH)^2 \quad (A.2)$$

$$L = 1 \text{ metros}$$

$$W = 1 \text{ metros}$$

$$H = 8 \text{ metros}$$

$$A_{DJ} = 1906,6 \text{ m}^2$$

CDJ = Factor de localización

$$C_{DJ} = 1 \quad (\text{Tabla A.1})$$

CT = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_T = 1 \quad (\text{Tabla A.3})$$

$$N_{DJ} = 1,91E-03$$

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.8)$$

P_U = Probabilidad de lesiones a personas por tensiones de paso o de contacto debidas a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

PTU : Factor de las medidas de protección ante tensiones de paso o de contacto (restricciones físicas, avisos de precaución)

$$P_{TU} = 1 \quad (\text{Tabla B.6})$$

PEB : Valor relacionado a los DPS implementados en el sistema en función del nivel de protección contra rayos.

$$P_{EB} = 1 \quad (\text{Tabla B.7})$$

PLD : Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

$$P_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.8})$$

CLD : Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.4})$$

$$P_U = 1,00E+00$$

$$L_U = r_t \times L_T \times c_d/c_t^a \quad C.11$$

L_U = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en esta

r_t = Es el factor de reducción de afectación a personas relacionado con el tipo de suelo o terreno

$$r_t = 1,00E-02 \quad (\text{Tabla C.3})$$

L_T = Es el número promedio típico realativo de personas afectadas por tensiones de paso o de contacto a causa impactos en las líneas de alimentación eléctrica

$$L_T = 1,00E-02 \quad (\text{Tabla C.12})$$

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
 NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

$$c_a/c_t = 1 \text{ según Nota a Tabla C.11} \quad (\text{Tabla C.11})$$

$$L_U = 1,00E-04$$

Por tanto,

$$R_{U4} = 0,00E+00$$

R_{V4} Riesgo de pérdidas económicas por daños físicos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$R_{V4} = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V \quad (10)$$

$$N_L = N_G \times A_L \times C_1 \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.8)$$

N_L = Promedio anual de descargas sobre las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_L = Área efectiva de descargas en las líneas de alimentación eléctrica

$$A_L = 40 \times L_L \quad (A.9)$$

L_L = Longitud de la sección de la línea de alimentación eléctrico en estudio

$$L_L = 500 \text{ metros}$$

$$A_L = 20000,0 \text{ m}^2$$

C_1 = Factor de instalación de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_1 = 1 \quad (\text{Tabla A.2})$$

C_E = Factor ambiental respecto a las líneas de alimentación eléctrica

$$C_E = 0,1 \quad (\text{Tabla A.4})$$

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_T = 1 \quad (\text{Tabla A.3})$$

$$N_L = 2,00E-03$$

$$N_{DJ} = N_G \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.5)$$

N_{DJ} = Promedio anual de descargas sobre estructuras conectadas al extremo opuesto de las líneas de servicio de alimentación eléctrica

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_{DJ} = Área colectora asociada a la estructura de soporte de la acometida

$$A_{DJ} = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L+W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad (A.2)$$

$$L_J = 1 \text{ metros}$$

$$W_J = 1 \text{ metros}$$

$$H_J = 8 \text{ metros}$$

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

$$A_{DJ} = 1906,6 \text{ m}^2$$

C_{DJ} = Factor de localización

$$C_{DJ} = 1 \quad (\text{Tabla A.1})$$

C_T = Factor del tipo de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_T = 1,00E+00 \quad (\text{Tabla A.3})$$

$$N_{DJ} = 1,91E-03$$

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (\text{B.8})$$

P_V = Probabilidad de afectación por daños físicos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

P_{EB} = Valor relacionado a los DPS implementados en el sistema en función del nivel de protección contra rayos.

$$P_{EB} = 1 \quad (\text{Tabla B.7})$$

P_{LD} = Probabilidad de fallas en los sistemas internos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, relacionadas con las características de las líneas

$$P_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.8})$$

C_{LD} = Valor relacionado con las condiciones del apantallamiento, puesta a tierra y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.4})$$

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
 NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

$$P_V = 1$$

$$L_V = L_B = r_p \times r_f \times L_F \times (c_a + c_b + c_c + c_s) / c_t \text{ a} \quad (\text{C.12})$$

L_V = Pérdidas en la estructura relacionadas con daños físicos por impactos de rayos en las líneas de alimentación eléctrica de esta

$$L_V = 2,00\text{E-}04$$

Por tanto,

$$R_{V4} = 7,81\text{E-}07$$

R_{W4} Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de alimentación eléctrica

$$R_{W4} = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W \quad (10)$$

$$N_L = 2,00\text{E-}03$$

$$N_{DJ} = 1,91\text{E-}03$$

$$P_W = P_{DPS} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (\text{B.8})$$

P_W = Probabilidad de falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

$$P_{DPS} = 1 \quad (\text{Tabla B.3})$$

$$P_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.8})$$

$$C_{LD} = 1 \quad (\text{Tabla B.4})$$

$$P_W = 1$$

L_W = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos directos en las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

$$L_W = L_O \times c_s / c_t \quad (\text{Tabla C.11}) \quad (\text{C.13})$$

$$L_W = 1,00\text{E-}04$$

Por tanto,

$$R_{W4} = 3,91\text{E-}07$$

R_{Z4} Riesgo por falla de sistemas eléctricos y electrónicos internos a causa de impactos de rayos cerca a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

$$R_{Z4} = N_I \times P_Z \times L_Z \quad (13)$$

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
 NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

N_I = Número de sobretensiones de amplitud no menor a 1 kV (1/año) en las líneas de alimentación eléctrica

$$N_I = N_G \times A_I \times C_I \times C_T \times C_E \times 10^{-6} \quad (A.10)$$

N_G = DRT seleccionada

$$N_G = 1 \quad \text{rayos/km}^2\text{-año}$$

A_I = Area colectora asociada a las cercanías de las líneas de alimentación eléctrica (acometida) del edificio

$$A_I = 4000 \times L_L \quad (A.11)$$

$$L_L = 500 \text{ (m)} \quad \text{Longitud de la acometida}$$

$$A_I = 2000000,0 \text{ m}^2$$

C_I = Factor de instalación de la acometida

$$C_I = 1 \quad (\text{Tabla A.2})$$

C_T = Factor del tipo de acometida

$$C_T = 1 \quad (\text{Tabla A.3})$$

C_E = Factor ambiental

$$C_E = 0,1 \quad (\text{Tabla A.4})$$

$$N_I = 2,00E-01$$

P_Z = Probabilidad de que un impacto cercano a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura cause fallas en los sistemas internos

$$P_Z = P_{DPS} \times P_{LI} \times C_{LI} \quad (B.11)$$

$$P_{DPS} = 1,00E+00 \quad (\text{Tabla B.3})$$

P_{LI} = Probabilidad de falla de sistemas internos a causa de impactos cercanos a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura de acuerdo con el tipo de estas y las características de los equipos alimentados

$$P_{LI} = 1,00E+00 \quad (\text{Tabla B.9})$$

C_{LI} = Factor dependiente de las condiciones de apantallamiento, aterrizaje y aislamiento de las líneas de alimentación eléctrica

$$C_{LI} = 1 \quad (\text{Tabla B.4})$$

$$P_Z = 1,00E+00$$

L_Z = Probabilidad de fallas en sistemas eléctricos y electrónicos internos debido a impactos cercanos a las líneas de alimentación eléctrica de la estructura

$$L_Z = L_O \times c_S / c_t \quad (\text{Tabla C.11}) \quad (C.13)$$

$$L_Z = 1,00E-04$$

Por tanto,

$$R_{Z4} = 2,00E-05$$

Universidad Industrial de Santander
Plaza de mercado La Concordia
EVALUACIÓN DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
NTC 4552 Ed. 2.0 Protección contra el rayo - Parte 2: Evaluación del riesgo

CÁLCULO DEL RIESGO

CONDICIONES ACTUALES (SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES)

R4: RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS

Se obtiene que:

$$R_4 = 1,03E-04$$

$$R_T = 1,0E-03$$

POR TANTO, EN LAS CONDICIONES CONSIDERADAS, EL RIESGO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS DEBIDO A DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS ES MENOR QUE EL VALOR DE RIESGO TOLERABLE Y POR TANTO NO SE REQUIEREN MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADICIONALES.