
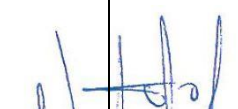


	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-EL-00-MC-03
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	HOJA: 1 de 11

ÍNDICE DE REVISIONES



Fecha	Revisión	Observaciones
08-12-17	A	Para Aprobación
08-01-18	B	Para Aprobación
		

Héctor Veliz Ing. Proyectos	Manuel Rodríguez Coord. de Ingeniería	Xavier Sejas Gerente de Ingeniería
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE YPFB TRANSPORTE S.A. Y NO DEBERA SER REPRODUCIDO O UTILIZADO PARA UNA FINALIDAD DIFERENTE DE AQUELLA PARA LA QUE HA SIDO SUMINISTRADO.		

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-EL-00-MC-03
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	HOJA: 2 de 11

CONTENIDO

1.	OBJETIVO	3
2.	NORMAS DE APLICACIÓN	3
3.	CRITERIOS DE DISEÑO	3
3.1.	PLANOS DE REFERENCIA	3
3.2.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL IMPACTO SELECCIÓN DEL NIVEL DE PROTECCIÓN	4
3.3.	FRECUENCIA ESPERADA DE IMPACTOS DE RAYOS (Nd) SOBRE UNA ESTRUCTURA	4
3.4.	DENSIDAD ANUAL MEDIA DE IMPACTOS DE RAYO (Ng)	4
3.5.	SUPERFICIE DE CAPTURA EQUIVALENTE	5
3.6.	FRECUENCIA ACEPTABLE DE RAYOS SOBRE (Nc) UNA ESTRUCTURA	5
3.7.	DETERMINACIÓN NECESIDAD DE PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA	6
3.8.	NIVEL DE PROTECCIÓN REQUERIDO	6
3.9.	RADIO DE PROTECCIÓN	7
3.10.	GANANCIA DE LONGITUD DEL TRAZADOR ASCENDENTE	8
3.11.	VELOCIDAD DE LOS TRAZADORES	8
3.12.	AVANCE DEL TIEMPO DE CEBADO	8
4.	CONCLUSIONES	9
	ANEXOS	10

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-EL-00-MC-03
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	HOJA: 3 de 11

1. OBJETIVO

El presente documento tiene por objeto definir las bases para realizar el cálculo del sistema de protección contra descargas atmosféricas (Pararrayos), para las mejoras operativas de la Terminal Santa Cruz.

El alcance de presente estudio comprende el cálculo para la cantidad, ubicación y alturas de los puntos donde deberán instalar pararrayos tanto en Terminal Santa Cruz como en el sector de la caseta de control y distribución eléctrica sector parque de esferas refinaria.

2. NORMAS DE APLICACIÓN

Las normas de aplicación y/o referencia utilizadas en el diseño y construcción de los trabajos son las siguientes:

- ✓ NEC : Código Eléctrico Nacional
- ✓ Norma IRAM 2427 – 2281 -2184
- ✓ Norma IEC 61024
- ✓ Norma NFC 17-102
- ✓ IEC 62305-3 (versión actual): Protección contra el rayo



3. CRITERIOS DE DISEÑO

A continuación se presenta una descripción de los criterios de diseño de sistemas de protección contra descargas atmosféricas. Este sistema debe instalarse para limitar los gradientes de potencial de tierra a niveles de tensión y corriente que no pongan en peligro la seguridad de las personas y de los equipos bajo condiciones normales y de falla.

3.1. Planos de Referencia

SC-E01-EL-00-06-01 de 06 LAYOUT DE PUESTA A TIERRA (TERMINAL SANTA CRUZ)

SC-E01-EL-00-06-02 de 06 LAYOUT DE PUESTA A TIERRA (CASETA DE CONTROL Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA)

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-EL-00-MC-03
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	HOJA: 4 de 11

SC-E01-EL-00-06-05 de 06 PLANO DE COBERTURA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (CASETA DE CONTROL Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA)

SC-E01-EL-00-06-06 de 06 PLANO DE COBERTURA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (TERMINAL SANTA CRUZ)

3.2. Evaluación del Riesgo del Impacto Selección del Nivel de Protección

Inicialmente se determinará si es o no necesario contar con un sistema de protección atmosférica, en caso de ser necesario se debe determinar el nivel de protección y finalmente el radio de protección que se alcanzará con el tipo de pararrayos seleccionado, A continuación se realizara los cálculos necesarios.

3.3. Frecuencia Esperada de Impactos de Rayos (N_d) Sobre una Estructura

$$N_d = 1.1 * 10^{-6} (N_g A_e C_1)$$

Dónde:

N_g = Densidad anual media de impactos de rayo en el terreno (Nro. Impactos/año*Km²)

1.1= Coeficiente de seguridad ligado a la evaluación de impactos

A_e = Superficie de captura equivalente de la estructura aislada (m²)



C_1 = Coeficiente relacionado con el entorno (ver Tabla 1 en Anexo B)

Datos para calcular N_d :

Sitio	A_e	C_1	N_g	N_d
Santa Cruz	13.75	0,75	18.64	0.21031313

3.4. Densidad Anual Media de Impactos de Rayo (N_g)

$$N_g = 0.02 N_k^{1.67}$$

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-EL-00-MC-03
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	HOJA: 5 de 11

$$N_g = 18.64$$

Dónde:

N_k = Nivel iso-ceraúnico en la zona = (Ver Mapa en Anexo A y la Tabla a seguir)

N_k /año	5	10	20	30	40	60
N_g /Km2, año	0.3	0.9	3	5.8	9.5	18.6

3.5. Superficie de Captura Equivalente

$$A_e = LI + 6H(L + I) + 9\pi H^2$$

Dónde:

L = Largo de la estructura (m)

I = Ancho de la estructura (m)

H = Alto de la estructura (m)

Datos para calcular A_e :

Sitio	L (m)	I(m)	H(m)	A_e (m ²)
Santa Cruz	125	110	40	115.366

Coeficiente Relacionado con el Entorno (C_1)

La Tabla 1 del apartado Anexos determina el coeficiente. Se selecciona el valor de $C_1=0.75$



3.6. Frecuencia Aceptable de Rayos sobre (N_c) una Estructura

$$N_c = 3 * 10^{-3} / C$$

Dónde:

C = Coeficiente en función la estructura a proteger

$$C = C_2 * C_3 * C_4 * C_5$$

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-EL-00-MC-03
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	HOJA: 6 de 11

Dónde:

C2 = Coeficiente en función del tipo de construcción del edificio (ver Tabla 2 en Anexo B)

C3 = Coeficiente en función del contenido de la estructura (ver Tabla 3 en Anexo B)

C4 = Coeficiente en función de la ocupación del edificio (ver Tabla 4 en Anexo B)

C5 = Consecuencia sobre el entorno (ver Tabla 5 en Anexo B)

Datos para calcular Nc:

Sitio	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C	N _c
Santa Cruz	2	5	3	5	150	0.00002

3.7. Determinación Necesidad de Protección Atmosférica

El valor de la frecuencia aceptable de rayos Nc será comparable con el valor de la frecuencia esperada de rayos sobre la estructura Nd. Esta comparación permitirá decidir si es necesario un sistema de protección contra rayos.

Si $N_d \leq N_c$ No requiere protección atmosférica

Si $N_d > N_c$ Si Requiere protección atmosférica

$0.21 > 0.00002$ Si Requiere protección atmosférica



3.8. Nivel de Protección Requerido

Una vez establecidos los valores Nd y Nc se calcula la eficiencia (E), expresada como:

$$E = 1 - N_c/N_d$$

Con este dato (E=Eficiencia) se ingresa a la Tabla 6 de Anexos para determinar el nivel de protección requerido.

Datos para calcular Nc:

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-EL-00-MC-03
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	HOJA: 7 de 11

Sitio	Nd	Nc	Nd > Nc	E	Nivel de Protección
	0.21	0.00002	SI	0,99	Nivel 1+ Med. Complementarias

Las medidas complementarias de seguridad a ser tomadas son:

- Medidas destinadas a reducir los efectos de las sobretensiones inducidas por la descarga sobre los equipos eléctricos y electrónicos.
- Medidas que limitan la propagación del fuego en aéreas construidas.

3.9. Radio de Protección

Definido por la siguiente fórmula:

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

Dónde:

R_p = Radio de protección (m)

h = Altura de montaje del pararrayos por encima de la superficie a proteger (m).

Para nuestro caso se tendrá una altura de m.



D = Distancia de cebado (m)

ΔL = Ganancia de longitud del trazador ascendente (m), definido por:

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
D =	20	45	60

Datos para calcular R_p:

Sitio	h (m)	D (m)	R _p (m)
	7	14	7

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-EL-00-MC-03
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	HOJA: 8 de 11

3.10. Ganancia de Longitud del Trazador Ascendente

$$\Delta L [m] = V [m/s] * \Delta T [s]$$

Dónde:

V = Velocidad de los trazadores.

ΔT = Avance en el tiempo de cebado del pararrayos.

Datos para calcular ΔL :

Sitio	V (m/s)	ΔT (seg)	ΔL (m)
	1	40	60

3.11. Velocidad de los Trazadores

Las velocidades medias de los trazadores ascendentes y descendentes son comparables durante la fase de aproximación y la relación de ambos es aproximadamente 1 (entre 0.9 y 1.1). Se adopta el valor de 1(m/seg).

$$V = V_a = V_d = 1 [m/seg]$$



Dónde:

V_a = Velocidad de los trazadores ascendentes.

V_d = Velocidad de los trazadores descendentes.

3.12. Avance del Tiempo de Cebado

Valor promedio (ΔT) puede estar entre 10 y 100 μ seg. Para nuestro caso $\Delta T=40 \mu$ seg por el tipo de sistema.



	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-EL-00-MC-03
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	HOJA: 9 de 11

4. CONCLUSIONES

En base a los cálculos realizados, se requiere la instalación de protección atmosférica con Nivel de Protección I. Estos deberán ser distribuidos adecuadamente según se muestra en los planos de cobertura del sistema de descargas atmosféricas tanto en el sector sala de control de Terminal Santa Cruz como también en la Caseta de control y distribución eléctrica sector parque de esferas - Refinería. En nuestro caso seleccionamos tipo franklin siguiendo los criterios de la norma IEC 62305-3.

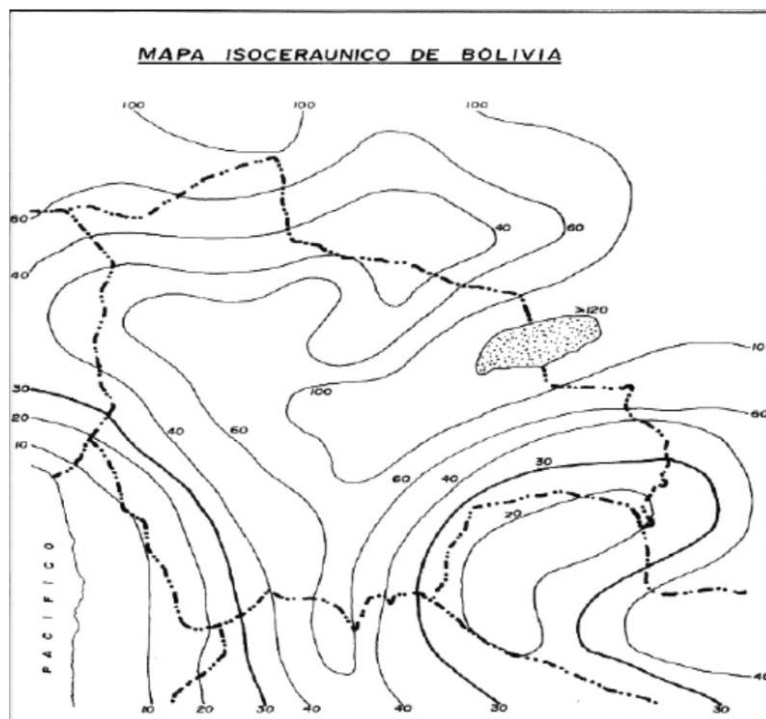
Según el Plano de detalle:	
1. SC-E01-EL-00-06-05 de 06 2. SC-E01-EL-00-06-06 de 06	<ul style="list-style-type: none"> Plano De Cobertura Del Sistema De Protección Contra Descargas Atmosféricas (Caseta De Control Y Distribución Eléctrica) Plano De Cobertura Del Sistema De Protección Contra Descargas Atmosféricas (Terminal Santa Cruz)

- Los pararrayos estarán instalados a una altura de 4 m, el cable para el bajante de pararrayo debe ser de 70 mm², desde pararrayo hasta la conexión de la malla principal el cable de la malla debe ser de 50 mm².

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-EL-00-MC-03
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	HOJA: 10 de 11

ANEXOS

ANEXO A.- Mapa Isoceraúnico de Bolivia



ANEXO B.- TABLAS

Tabla 1 – Coeficiente Relacionado Con El Entorno (C₁)

SITUACIÓN RELATIVA A LA ESTRUCTURA	C ₁
Estructura situada en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Estructura rodeada de estructuras más bajas	0,75
Estructura aislada	1
Estructura aislada situada sobre una colina o promontorio	2



	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-EL-00-MC-03
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	HOJA: 11 de 11

Tabla 2 – Coeficiente de Estructura (C2)

TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE CUBIERTA		
	METALICA	HORMIGON	INFLAMABLE
METAL	0,5	1	2
COMÚN	1	1	2,5
INFLAMABLE	2	2,5	3

Tabla 3 – Contenido De La Estructura (C3)

Sin valor o no inflamable	0,5
Valor común o normalmente inflamable	2
Gran valor o particularmente inflamable	5
Valor excepcional, irremplazable o muy inflamable, explosivo	10

Tabla 4 – Ocupación de La Estructura (C4)

No ocupada	0,5
Ocupada normalmente	3
De difícil evacuación o riesgo de pánico	7

Tabla 5 – Consecuencia Sobre El Entorno (C5)

Sin necesidad de continuidad en el servicio y alguna consecuencia sobre el entorno	1
Necesidad de continuidad en el servicio y alguna consecuencia sobre el entorno	5
Consecuencia para el entorno	10

Tabla 6 – Niveles de Protección

E (Eficiencia calculada)	Nivel de protección	I (kA) (Corriente de cresta máxima)	D (m) (Distancia de cebado)
$E > 0,98$	Nivel 1+ medidas complementarias	-	-
$0,95 < E \leq 0,98$	Nivel 1	2,8	20
$0,8 < E \leq 0,95$	Nivel 2	9,5	45
$0 < E \leq 0,80$	Nivel 3	14,7	60