



IV.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS



IV. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

4.1 Consideraciones generales

El presente acápite tiene por finalidad sustentar los parámetros para diseño y selección de los componentes de 01 Subestación tipo caseta proyectada para el Hospital SAGARO. Se fundamenta en el análisis mecánico y eléctrico, en base al Código Nacional de Electricidad Suministro, Normas vigentes y disposiciones relacionadas, que se indican:

4.1.1 Cálculos mecánicos

- a. Análisis de estructuras:
 - Selección de la longitud
 - Cálculo de esfuerzos
- b. Selección de aisladores
- c. Selección de conductores

4.1.2 Cálculos eléctricos

- a. Cálculo de nivel de aislamiento
- b. Cálculo de resistencia del conductor
- c. Cálculo de reactancia inductiva
- d. Cálculo de caída de tensión
- e. Cálculo de pérdida de potencia
- f. Determinación de calibres de conductores
- g. Resumen de resultados

4.2 Parámetros de diseño

Las cargas previstas para su utilización inmediata (Máxima Demanda) que utilizará la Caseta de Fuerza del Hospital SAGARO – Distrito de Tumbes, se ha determinado aproximadamente una potencia de 1045.86 KW según la factibilidad, considerando 1000 kw.

4.3 Características del suministro eléctrico

El servicio de energía eléctrica será prestado por la Empresa concesionaria de la zona: ELECTRONOROESTE S.A. (ENOSA), la misma que de acuerdo a regulación deberá suministrar los siguientes parámetros básicos:

- Tensión	: 10 ± 5 % kV
- Frecuencia	: 60 ± 1 Hz
- Máxima demanda	: 1045.86 KW
- Servicio	: Continuo

4.4 Cálculos eléctricos

4.4.1 Cálculo del nivel de aislamiento



El sistema deberá soportar las tensiones de operación nominal y otras sobretensiones transitorias sin originarse flameo. La tensión disruptiva en humedad a la frecuencia de servicio se calcula según el siguiente algoritmo:

$$Uc = 2.1 \times (U \times Fh + 5), \text{ siendo}$$

Fh	:	Factor de corrección por altitud	=	1
U	:	Tensión nominal del sistema	=	10 kV

La elección de aisladores tipo PIN de características 36 kV, material polimérico, es conforme, acorde a los lineamientos justificado y por zona cercana al mar.

4.4.2 Cálculo de la resistencia eléctrica del conductor

La resistencia eléctrica del conductor puede ser calculada mediante el siguiente algoritmo:

$$Rt = Rto \times [1 + \alpha \times (t - to)], \text{ donde:}$$

Rt	:	Resistencia eléctrica a temperatura de operación (Ohm/km)
Rto	:	Resistencia eléctrica a 20°C dada por el fabricante (Ohm/km)
α	:	Coefficiente de resistividad termica del cobre = 0.00382 /°C
t	:	Temperatura de operación del conductor = 75 °C
to	:	Temperatura ambiente = 20 °C

4.4.3 Cálculo de la reactancia inductiva del conductor

La reactancia inductiva del conductor puede ser calculada mediante el siguiente algoritmo:

$$Xi = 2 \times \pi \times f \times [0.5 + 4.6052 \times \log (DMG/Re)] \times 10^{-4}, \text{ donde}$$

Xi	:	Reactancia inductiva del conductor (ohm/km)
f	:	Frecuencia (60 Hz)
DMG	:	Distancia media geométrica entre los conductores
Re	:	Radio equivalente del conductor (m)

4.4.4 Cálculo de caída de tensión

La caída de tensión en el conductor puede ser calculada mediante el siguiente algoritmo:

De la fórmula:

$$\Delta V = \sqrt{3} IT (RC \cos \varphi + XL \sin \varphi)$$

Reemplazando datos: AAAC 70 mm² N2XSY 50 mm²



- Corriente a transmitir,	I = 75.48 A.	I = 75.48 A
- Tensión de servicio,	V = 10 KV.	V = 10 KV
- Resistencia,	RC = 0.64	RC = 0.21
- Reactancia,	XL = 0.0011	XL = 0.0246
- Factor de potencia,	Cos φ = 0.9	Cos φ = 0.9
- Distancia(m)	18.8	194.65m

4.4.5 Cálculo de pérdida de potencia

La pérdida de potencia en el conductor puede ser calculada mediante el siguiente algoritmo:

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R_t \times L, \text{ siendo}$$

I	:	Corriente de línea (A)
R _t	:	Resistencia eléctrica del conductor a temperatura de trabajo
L	:	Longitud de la línea (km)

$$I = MD / (1.732 \times V)$$

Donde

MD	:	Máxima Demanda nominal del sistema (1045.86 kw)
V	:	Tensión nominal del sistema (10 kV)

4.4.6 Determinación de calibres de conductores

La selección final del calibre se debe efectuar considerando principalmente la ubicación de la instalación eléctrica, que en este caso se encuentra expuesta a ambiente marítimo. Por tal motivo, el calibre seleccionado considera dicho factor encontrándose sobredimensionado de acuerdo a análisis eléctrico y mecánico.

El calibre seleccionado es 70 mm² / ALEACION DE ALUMINIO

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES (DE ALEACION DE ALUMINIO DE 70 mm²)

Los conductores serán de aleación de aluminio (AAAC), fabricado según prescripciones de las normas ASTM B398, ASTM B399M, IEC 1089 o NTP-370.227.

Las características constructivas mínimas de los conductores según cálculos de selección serán:

-Sección (mm ²)	: 70
-Hilos del conductor	: 7
-Diámetro nominal de los hilos (mm)	: 3.57
-Diámetro nominal externo (mm)	: 10.7
-Peso propio (kg/km)	: 192
-Carga de ruptura (kg)	: 2.091

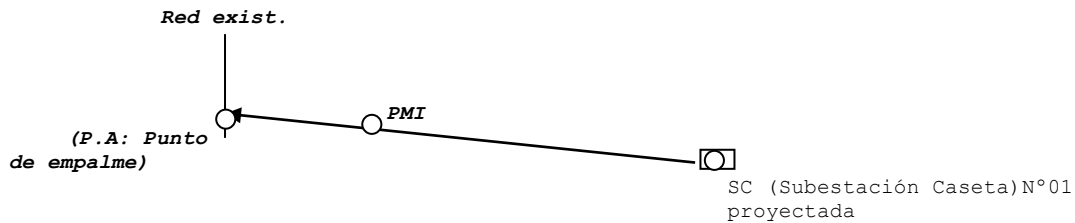


-Tracción mínima (kN)	: 20.95
-Resistencia Máxima (Ohm/km)	: 0.4825
-Tensión Nominal de Servicio (kV)	: 10

Diagrama de Carga

Longitud de recorrido :

P.A - PMI:	18.8m
PMI - SC:	238.32m



S.E PROYECTADA: SC(Subestacion tipo caseta)

Caída de Tensión: $\Delta V\% = \frac{S \cdot L \cdot Z}{10 \cdot V^2}$

S = 1600 (2x800) < KVA
L = 238.32 m
Z = 1.3480 (Ohmios/Km)
V = 10 KV (ACTUAL)

4.5 CÁLCULOS MECÁNICOS

4.5.1 Cálculo mecánico de los conductores de aluminio AAAC

a. Características de Conductores de 70 mm²

-Sección (mm ²)	: 70
-Hilos del conductor	: 7
-Diámetro nominal de los hilos (mm)	: 3.02
-Diámetro nominal externo (mm)	: 9.1
-Peso propio (kg/km)	: 137
-Carga de ruptura (N/mm ²)	: 1428
-Coeficiente de dilatación (°C ⁻¹)	: 2.3x10 ⁻⁶
-Modulo de elasticidad final (N/mm ²)	: 60760



- Tensión Nominal de Servicio (kV) : 10
- Resistencia eléctrica máxima a 20° C (Ohm/Km) : 0.966
- Resistencia eléctrica máxima a 40° C (Ohm/Km) : 1.036
- Reactancia Xi (Ohm/Km) : 0.45

b. Condiciones del Proyecto

- Presión del Viento:

$$\begin{aligned} P_v &= K V^2 \\ V &= 70 \text{ km/hr.}, \text{ velocidad del viento.} \\ K &= 0.0042 ; \text{ constante de superficies cilíndricas} \\ P_v &= 37.11 \text{ Kg/m}^2. \end{aligned}$$

- Altitud de instalación: 0 – 1000 m.s.n.m.

Para los esfuerzos máximos se considera la acción del peso propio del conductor y la sobrecarga debido al viento a una temperatura mínima de 5 °C.

c. Hipótesis de Cálculo

Para los Cálculos Mecánicos de Conductores, se analizarán mediante las tres siguientes Hipótesis, considerando para ello el de calibre mayor o sea el de 50 mm²:

Hipótesis 1: Esfuerzo Máximo

- Temperatura Ambiente Mínima : 5 °C.
- Presión del Viento : 37.11 Kg/m²

Hipótesis 2: Esfuerzos Diarios (EDS)

- Temperatura Ambiente : 25 °C.
- Presión del Viento : 0
- Tensión de Cada Día : 20% de la carga

Hipótesis 3: Flecha Máxima

- Temperatura Ambiente Máxima : 50 °C
- Presión del Viento : 0

d. Ecuaciones Consideradas

- Ecuación de Cambio de Estado de Conductores:

$$\sigma_{1-3}^2 \cdot \left[\sigma_{1-3} - \sigma_2 + \alpha \cdot E \cdot (t_{1-3} - t_2) + \frac{W_{21}^2 \cdot d^2 \cdot E}{24 \cdot A^2 \cdot \sigma_2^2} \right] = \frac{W_{1-3}^2 \cdot d^2 \cdot E}{24 \cdot A^2}$$



- Carga Resultante Unitaria del Conductor

$$W = \sqrt{(W_c^2 + W_v^2)} \quad \text{donde} \quad W_v = P_v \times \phi / 1000$$

e. Flecha del Conductor

Teniendo en cuenta que (h/d) es menor que 0.2

$$f = \frac{W_r \cdot d^2}{8 \cdot A \cdot \sigma}$$

f. Vano Básico

Conforme a los vanos hallados que se muestran en el Plano Red Primaria, se tiene:

-Vano Básico para la zona rural, conductor de AAAC, 70mm² (Vb)

$$VanoBasico = \sqrt{\frac{L_1^3 + L_2^3 + \dots + L_n^3}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}}$$

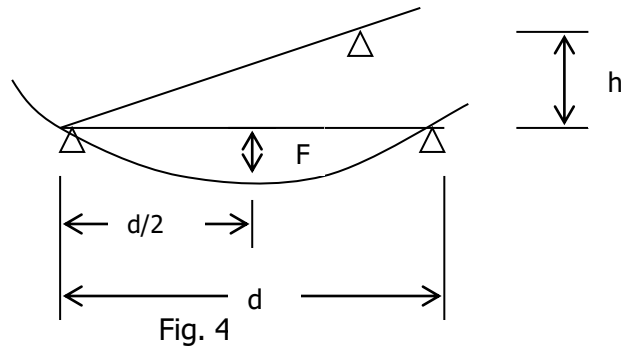
$$VanoBásico = 100.00 \text{ m.}$$

g. Simbología utilizada

A	: Sección del conductor (mm ²)
E	: Módulo de Elasticidad final del conductor (kg/mm ²)
V	: Velocidad del viento (km/hr)
d	: Vano equivalente (m)
F	: Flecha del conductor (m)
h	: Desnivel entre apoyos (m)
T1-3	: Temperatura ambiente en la hipótesis 1 y 3 (°C)
T2	: Temperatura ambiente en la hipótesis 2 (°C)
Pv	: Presión de viento sobre el conductor (kg/m ²)
Wc	: Peso propio unitario del conductor (kg/m)
Wv	: Carga unitaria debida al viento (kg/m)
Wr	: Peso resultante en el conductor (kg/m)
σ₂	: Esfuerzo normal del conductor (kg/mm ²)
σ₁₋₃	: Esfuerzo en el conductor en las hipótesis 1 y 3.
φ	: Diámetro Exterior del Conductor.

Angulo de Desnivel entre apoyos (grados)

h. Esquema Considerado



i. Tabla de Resultados:

Cuadro N° 10

SISTEMA DE UTILIZACION EN MEDIA TENSION 10 KV PARA HOSPITAL SAGARO CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES			
Sección:	70 mm ²	Aleación de Aluminio	
T.C.D.	6 kg/mm ²		
Hipótesis I: Condiciones de Máximo Esfuerzo			
Temp.:	5 °C	Veloc. Viento	70 km/hr
Hipótesis II: Condiciones de Templado			
Temp.:	25°C	Veloc. Viento	0 km/hr
Hipótesis III: Condiciones de Máxima Flecha			
Temp.:	50°C	Veloc. Viento	0 km/hr

TABLA DE CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

(Sección 70 mm²- AAAC)

Cuadro N° 11

DETALLE	25	30	35	40
d ²	8130	8260	9855	11610
HIPOTESIS I				
σ ₁ (Kg/mm ²)	12.89	13.10	13.43	13.84



CONSORCIO CONSULTOR SAUL GARRIDO
RUC 20607759538

f (m)	0.59	0.65	0.75	0.84
HIPOTESIS II				
σ_2 (Kg/mm ²)	6	6	6	6
f (m)	0.40	0.45	0.54	0.67
HIPOTESIS III				
σ_3 (Kg/mm ²)	4.73	4.80	4.91	5.09
f (m)	0.51	0.57	0.66	0.87

TABLA DE TEMPLADO

(Flecha en metros – Sección 70 mm² AAAC)

Cuadro N° 12

VANO (m) Temp. °C	20	25	30	35	40	45
20	0.43	0.60	0.66	0.77	1.00	1.24
25	0.44	0.61	0.67	0.77	1.01	1.25
30	0.44	0.61	0.68	0.78	1.02	1.26
35	0.47	0.62	0.68	0.79	1.02	1.26

OBSERVACIONES:

σ : en kg/mm²;

f: en metros.

Para efectos de cálculos en el presente proyecto se ha considerado:

VANO BASICO: 20 m.

4.5.1 Cálculo mecánico de conductor N2XSY de 50 mm²

TABLA DE DATOS TÉCNICOS DE CABLE TIPO N2XSY



CONSORCIO CONSULTOR SAUL GARRIDO

RUC 20607759538

Designación:	3-1 x 50mm²
- Tensión nominal (kV):	18/30

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR GARANTIZADO
1	GENERAL		
	Fabricante		INDECO
	País de fabricación		PERU
	Norma		IEC 60228
2	DESIGNACION N2XS_Y		3-1 x 50mm ²
	Tensión Nominal E _o /E	kV	18/30
	CABLEADO		REDONDO COMPACTO
	Temperatura máxima a condiciones normales	°C	90
	Temperatura máxima en cortocircuito (5 s. Máximo)	°C	250
3	CONDUCTOR DE FASE		
	Norma		IEC 60502-2
	Material		Cobre electrolítico temple suave
	Pureza	%	99,9
	Sección nominal	mm ²	50
	Clase		2
	Número de alambres	N°	19
	Densidad a 20 °C	gr/cm ³	8,89
	Resistividad eléctrica a 20 °C en CC	Ohm/Km	0,494
	Resistencia eléctrica máxima en CA a 90°C	Ohm/km	0,494
	Aislamiento		
	Material		XLPE
	Color		Rojo
	Cubierta		
	Cubierta externa		
	Material		PVC – ST2
	Color		Rojo
	Espesor	mm	2
	Pruebas		
	Tensión de ensayo de Continuidad de aislamiento	kV	3,5

SECCION NOMINAL	RESISTENCIA DC a 20°C	RESISTENCIA AC		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (30°C)	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
mm ²	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	(A)	(B)	(A)	(B)
50	0.387	0.494	0.494	0.2704	0.1513	250	225	280	240

Cálculo de la corriente Nominal N2XS_Y



$$I_n = \frac{1,045.86 \text{ kw}}{\sqrt{3 \times 10 \text{ kv}}} \quad (\text{A})$$

$$I_n = 57.80 \text{ A}$$

4.5.2 Cálculo Mecánico de Estructuras

a. Selección de la Longitud del Poste:

La estructura utilizada en el presente proyecto corresponde es de Punto de medición y seccionamiento tipo recloser. La longitud seleccionada considera las siguientes dimensiones:

- Altura de empotramiento	: 1.90m
- Altura de calzada a. base de transformador	: 6.50m
- Distancia de base de transformador a seccionadores	: 1.80m
- Distancia de seccionador a conductor mas bajo	: 1.50m
- Longitud resultante	: 11.7m

Se selecciona postes de 15 m de longitud teniendo en cuenta las condiciones técnicas para el diseño de la red primaria contenidas en los anexos del documento de factibilidad ENOSA NTM 1659-2021 de suministro y punto de alimentación emitido por Electronoroeste S.A.

b. Cálculos de esfuerzos

a) Fuerza del viento sobre el poste (F_{VP}) y su punto de aplicación (Z)

$$F_{VP} = P_v \cdot A_{PV} \quad (\text{Kg})$$

$$A_{PV} = H_{PV} \cdot \left(\frac{d_p + d_e}{2} \right) \quad (\text{mm}^2)$$

$$Z = \frac{H_{PV}}{3} \cdot \left(\frac{d_e + 2 \cdot d_p}{d_e + d_p} \right) \quad (\text{m})$$

$$P_v = K \cdot v^2 \quad (\text{Kg/m}^2)$$

Donde:

P_v : Presión debido al viento.	(Kg/m^2)
A_{PV} : Área del poste expuesta al viento.	(m^2)
H_{PV} : Altura del poste expuesta al viento.	(m)
d_p : Diámetro del poste en la punta.	(m)
d_e : Diámetro del poste en el empotramiento.	(m)
Z : Punto de aplicación de la F_{VP} .	(m)



CONSORCIO CONSULTOR SAUL GARRIDO

RUC 20607759538

K : Constante de la superficie cilíndrica: (0.0042)
 V : Velocidad del viento. (Km/h)
 H_e : Altura equivalente. (m)

c. Altura de Empotramiento

Para macizo de concreto:

$$H_t = \frac{L}{10} + 0.50 \quad (\text{m})$$

$$H_t = 2.0\text{m.}$$

d. Diámetro del poste en el punto de Empotramiento

$$d_e = d_b - \left(\frac{d_b - d_p}{H_{pv} + H_t} \right) \cdot H_t \quad (\text{m})$$

Donde:

d_b : Diámetro del poste en la base (m)
 d_p : Diámetro del poste en la punta (m)
 H_t : Altura de empotramiento (m)
 H_{pv} : Altura del poste expuesta al viento (m)

CARACTERISTICAS DE LOS POSTES DE 15 m, DE C.A.C

Tipo de Poste	H _t m	H _{pv} m	d _p m	d _b m	d _e m	A _{pv} m ²	H _e m	Z m	Carga de Trabajo Kg
15/400	2.0	13	0.225	0.450	0.333	2.7888	11.10	4.9703	400

e. Tracción de los conductores

Esta fuerza se calcula para el máximo esfuerzo de trabajo de los conductores.

$$T_c = 2 \cdot T \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (\text{Kg})$$

Donde:

T: Máximo tiro de trabajo 342.75 (Kg)
 α: Ángulo de línea (grado decimal)

f. Fuerza del viento sobre los conductores

$$F_{vc} = L \cdot \phi_c \cdot P_v \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \quad (\text{Kg})$$

Donde:

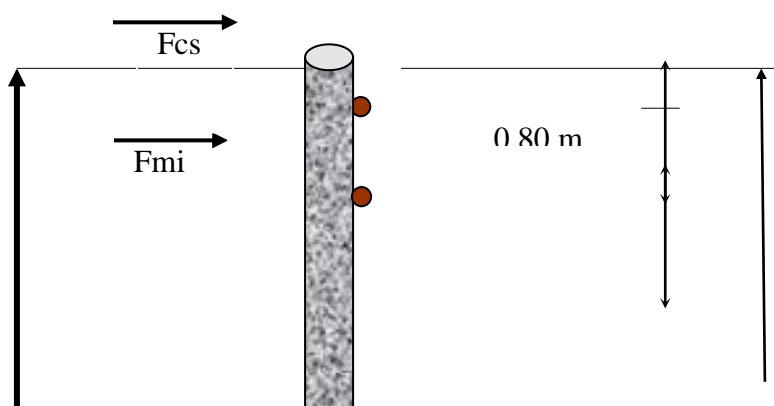
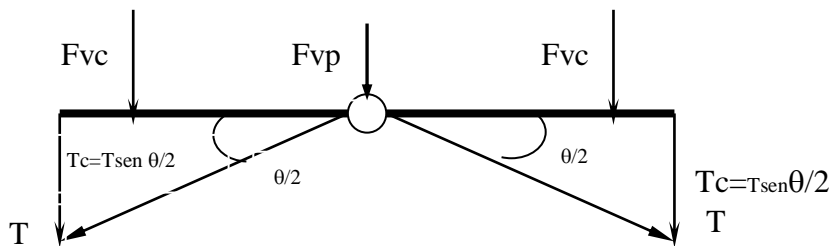
- L' :Vano básico de regulación (m)
- ϕ_c :Diámetro exterior del conductor (m)
- P_v :Presión del viento (Kg/m^2)
- α :ángulo de la línea

g. Fuerza sobre los conductores

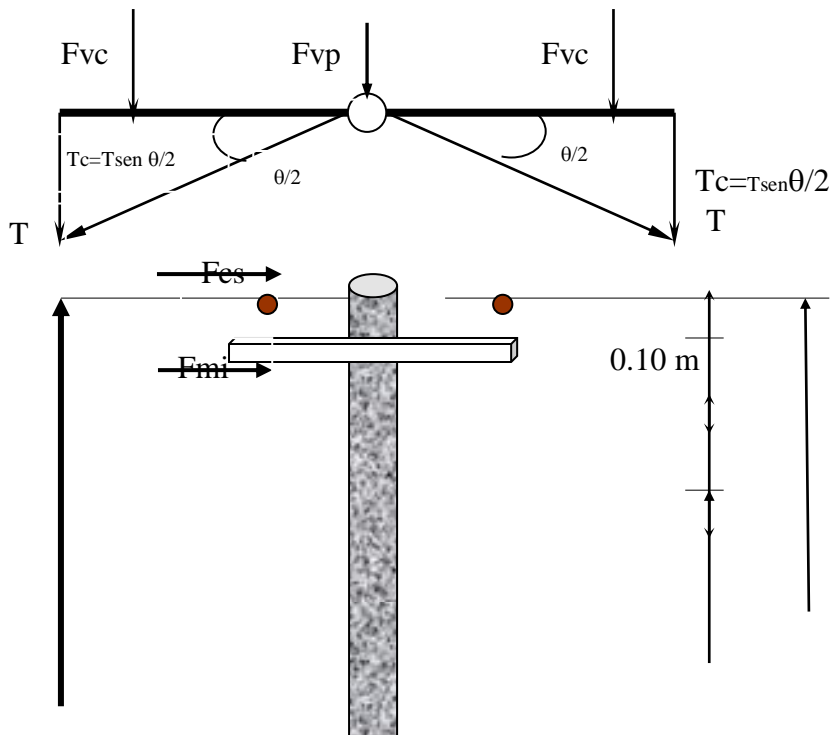
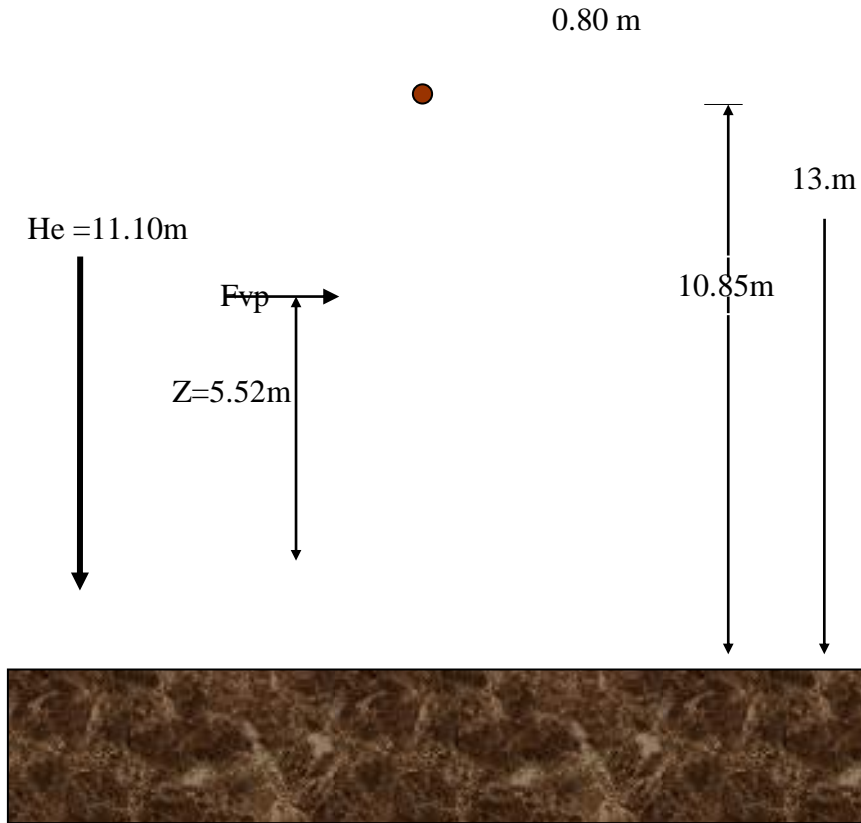
$$F_c = 2 \cdot T \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} + L \cdot \phi_c \cdot P_v \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$$

i. Diagrama de distribución de fuerzas

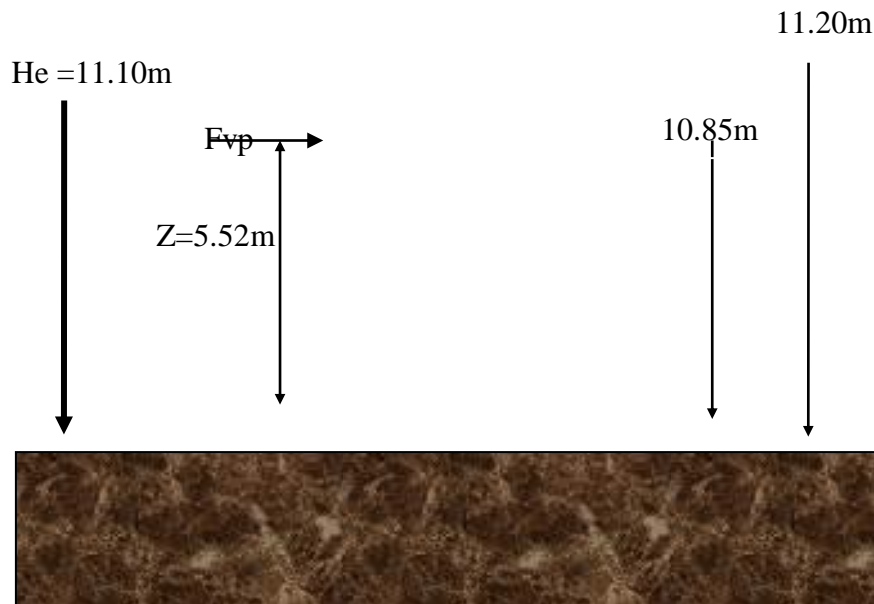
- F_{vp} :Fuerza del viento sobre el poste.
- F_{vc} :Fuerza del viento sobre los conductores.
- T_c :Tracción de los conductores sobre el poste.
- F_{cs} :Fuerza del conductor superior sobre el poste
- F_{cm} : Fuerza del conductor intermedio sobre el poste
- F_{ci} :Fuerza del conductor inferior sobre el poste



La distancia de conduct. es de 0.80 mt. Tipo bandera en poste



La distancia de aplicación de la fuerza F_{total} está referida a 10 cm de la punta del poste.



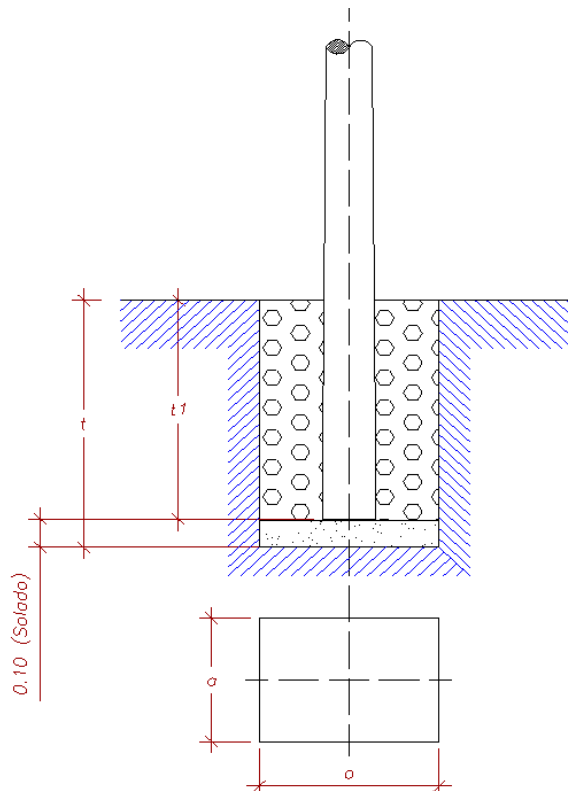
**PARAMETROS DE LOS ESFUERZOS
CONDUCTOR TIPO AAAC 70mm²**

Descripción	Unidad	Valor
Tipo de poste		15/400
Diámetro de Conductor	mm	10.51
Sección del conductor	mm ²	70
Pv	Kg/m ²	37.11
Apv	m ²	2.7888
Fvp	Kg	103.49237
Z	M	4.9702811
hcs	M	11.2
hci	M	10.3
L = Vano Básico	M	20.0
σ_1	Kg/mm ²	14.13

ARMADO PMI-SEC POSTE DE CONCRETO 15/400															
Datos del Poste			Viento		Datos del Conductor			Datos del Aislador			Datos de la Retenida				
Long. del poste	m	15.0	Presion Viento Pv	Pa	65.92	Tipo	AAAC	Tipo	Polimerico	a °	37				
Long. de empot.	m	2	Area del poste			Secc	mm ²	70	Long.	mm	940	Alt. R1	m	11.75	
Altura útil poste	m	13.0	expuesta al viento APV		3.75	Diám.	mm	15.85	∅	mm	90	Alt. R2	m	10.75	
Diám. en punta	cm	22.50	m ²			Peso unit.	N/m	4.04	Peso	N	26.487	Alt. R3	m	9.75	
Diám. en base	cm	45.00	Punto de aplicación de			Alt. Cond.1	m	12.80	F.Vie/Ais	N	0	∅ _{ex}	mm	10.00	
Diám. Empotram.	cm	35.25	Fvp	Z	m	6.02	Alt. Cond.2	m	11.80	Datos Generales					
Factor de Seguridad		2.00	FVP	N	247.46	Alt. Cond.3	m	11.80	Pes _{estructura}					N	248.00
Carga Trabajo	N	6,000								Pes _{coara}	N	1,000.00	F (Retenida)	N	13,989
Carga Rotura	N	12000								Pes _{accesorios}	N	1,000.00	Feq (R1)		12741.74
										Dist. Apl. respecto a		0.10	Feq (R2)		11657.34
										Punta	m		Feq (R3)		10572.93

Vano Viento (m)	To N Condición Max. Esf.	TC N Tracción de los conduct.	FVC N Fuerza de viento en conduct.	MTC N-m Momento carga sob. conduct.	MVC N-m Momento viento sob. conduct.	MC N-m Momento Total conduct.	MCW N-m Momento cargas verticales	MVP N-m Momento Viento sob. Estructura	MRN N-m Momento total Estructura	Feq-N Fuerza Equiv. Punta	F.S Factor de seguridad	Requer. de Reten.	Número de Reten.
Estructura PMI-SEC													
Ángulo: 55 °													
20	10440.18	9,641	23.17	350,949.79	843.41	351,793.20	2,369.34	1,490.11	355652.7	27570	0.44	SI	2
40	10457.89	9,658	41.71	351,544.98	1,518.13	353,063.12	2,450.23	1,490.11	357003.5	27675	0.43	SI	2
60	10485.65	9,683	60.24	352,478.21	2,192.86	354,671.07	2,531.13	1,490.11	358692.3	27806	0.43	SI	2
80	10521.27	9,716	78.78	353,675.52	2,867.59	356,543.11	2,612.02	1,490.11	360645.2	27957	0.43	SI	2
100	10562.32	9,754	97.32	355,055.47	3,542.31	358,597.79	2,692.91	1,490.11	362780.8	28123	0.43	SI	2
120	10606.51	9,795	115.85	356,540.95	4,217.04	360,757.99	2,773.81	1,490.11	365021.9	28296	0.42	SI	2
140	10651.89	9,837	134.39	358,066.49	4,891.77	362,958.26	2,854.70	1,490.11	367303.1	28473	0.42	SI	2
160	10696.95	9,879	152.93	359,581.20	5,566.49	365,147.69	2,915.37	1,490.11	369553.2	28648	0.42	SI	2
Ángulo: 60 °													
20	10440.18	10,440	22.62	380,022.57	823.45	380,846.03	2,369.34	1,490.11	384705.5	29822	0.40	SI	2
40	10457.89	10,458	40.72	380,667.07	1,482.22	382,149.28	2,450.23	1,490.11	386089.6	29929	0.40	SI	2
60	10485.65	10,486	58.82	381,677.61	2,140.98	383,818.59	2,531.13	1,490.11	387839.8	30065	0.40	SI	2
80	10521.27	10,521	76.92	382,974.10	2,799.75	385,773.85	2,612.02	1,490.11	389876.0	30223	0.40	SI	2
100	10562.32	10,562	95.01	384,468.37	3,458.51	387,926.88	2,692.91	1,490.11	392109.9	30396	0.39	SI	2
120	10606.51	10,607	113.11	386,076.90	4,117.27	390,194.17	2,773.81	1,490.11	394458.1	30578	0.39	SI	3
140	10651.89	10,652	131.21	387,728.82	4,776.04	392,504.85	2,854.70	1,490.11	396849.7	30764	0.39	SI	3
160	10696.95	10,697	149.31	389,369.01	5,434.80	394,803.81	2,915.37	1,490.11	399209.3	30946	0.39	SI	3

4.5.4 CALCULO DE CIMENTACION





CONSORCIO CONSULTOR SAUL GARRIDO

RUC 20607759538

CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS - METODO SULZBERGER

Datos Preliminares

Tipo de Cimentación	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Und
Características de Estructuras				
Longitud total	15	15	15	m
Ø base	0.23	0.23	0.23	m
Ø punta	0.45	0.45	0.45	m
Carga de Trabajo	4000	6000	10000	N
Longitud libre expuesta al viento	11.50	11.50	11.50	m
Dimensiones iniciales de cimentación				
Lado a	1.00	1.00	1.00	m
Profundidad t	1.60	1.60	1.60	m
Empotramiento de Poste t ₁	1.50	1.50	1.50	m
Ø empotramiento	0.35	0.35	0.35	m
Características del Terreno				
Naturaleza del terreno	Arena fina humeda	Arena fina humeda	Arena fina humeda	
Peso específico aparente g	16677	16677	16677	N/m ³
Índice de compresibilidad C	39.24	39.24	39.24	N/cm ³
Coefficiente de la fricción entre terreno y concreto m	0.20	0.20	0.20	m
Angulo de la tierra gravante b °	5	5	5	°
Datos complementarios				
Peso Unitario Concreto simple	22563	22563	22563	N/m ³
Peso Unitario del concreto armado	23544	23544	23544	N/m ³
Volumen de Poste CAC	0.82	0.82	0.82	m ³
Peso del Poste CAC	19273	19273	19273	N
Peso de Crucetas y/o mensulas, conductores y accesorios	2943	2943	2943	N
tan α	0.01	0.01	0.01	
	: Es el máximo giro permisible para llegar a las reacciones estabilizadoras del terreno			

CALCULOS Y RESULTADOS DE CIMENTACIÓN POSTE CAC

METODO SULZBERGER

Cálculo de Profundidad:

Tipo Cimentación	G _{estructura} (N)	G _{bloque concreto} (N)	G _{terreno} (N)	G (N)	M (N-m)	M _b (N-m)	M _s (N-m)	C _t (N/m ³)	t (m)
II	22216	32797.89	20619.63	75633.65	37400.00	25715.44	11684.56	31392000	1.60
III	22216	32797.89	20619.63	75633.65	49866.67	25715.44	24151.22	31392000	1.60
IV	22216	32797.89	20619.63	75633.65	74800.00	25715.44	49084.56	31392000	1.80

Cálculo de Estabilidad

Tipo Cimentación	G _{bloque concreto} (N)	G _t (N)	G (N)	C _t (N/m ³)	C _b (N/m ³)	tan α ₁	tan α ₂	M _s (N-m)	M _b (N-m)
II	32797.89	20619.63	75633.65	31392000	31392000	0.0011	0.0048	35717.12	20368.21
III	32797.89	20619.63	75633.65	31392000	31392000	0.0011	0.0048	35717.12	20368.21
IV	37310.49	22454.68	81981.31	35316000	35316000	0.0009	0.0046	57211.92	22426.11

Tipo Cimentación	M _s + M _b (N-m)	M _s /M _b	s	M (N-m)	M _s + M _b ≥ sM
II	56085.33	1.75	1	37400.00	Cumple los requerimientos
III	56085.33	1.75	1	49866.67	Cumple los requerimientos
IV	79638.03	2.55	1	75600.00	Cumple los requerimientos



4.6 CÁLCULO DE AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento a utilizar para el circuito trifásico; será según lo establece el Código Nacional de Electricidad Suministros 2011, Sección 275.B).

En este caso, deberá calcularse para un nivel de aislamiento a la tensión en 10 KV trifásica.

4.6.1 Condiciones de Operación

Para determinar las características eléctricas por aislamiento se deberá tomar en cuenta las siguientes condiciones de operación:

Altitud
Temperatura
Tensión máxima de servicio

a.- Altitud

La zona a electrificar se encuentra ubicada a 60 msnm. Se tiene que para alturas menores a 1000 msnm no se aplica el factor de altura

b.- Temperatura

Para la selección del aislamiento por efecto de la temperatura de servicio se aplica:

La máxima temperatura del conductor es de 50 °C, entonces se tiene:

El factor de corrección será:

$$F_t = \frac{273 + t}{313} \quad F_t = 1.03$$

$F_c = F_t = 1.03$

c.- Tensión máxima de servicio.

La tensión nominal corregida por los factores de altura y temperatura es:

$$V_{\max-nom} = V_{nom} \times F_t, \text{ donde } V_{nom} = 10 \text{ kV.}$$

Para determinar la tensión nominal máxima del sistema se ha considerado la recomendación de la norma IEC 38:

$$V_{\max-serv} = 1.1 \times V_{\max i-nom}$$

4.6.2 Criterios para la Selección del Aislamiento



CONSORCIO CONSULTOR SAUL GARRIDO

RUC 20607759538

Para determinar la selección del aislamiento se tiene en consideración las sobretensiones de origen atmosférico, internas y de contaminación ambiental

Sobretensiones atmosféricas

Se define mediante la tensión a la onda de resistencia a la onda de impulso normalizado de 1,25 mseg. El nivel de aislamiento que debe utilizarse es:

MÁXIMA TENSIÓN PARA EL EQUIPO (Kvef)	TENSIÓN DE RESISTENCIA A LA ONDA DE IMPULSO (kVpico)	TENSIÓN DE RESISTENCIA A FRECUENCIA INDUSTRIAL (Kvef)
24	170	70

Los aisladores que cumplen estos valores son:

AISLADOR	TENSIÓN DE RESISTENCIA A LA ONDA DE IMPULSO (kVpico)
1 aislador polimérico tipo Suspensión STGS – 27 para 10KV.	164

Sobretensiones internas

De acuerdo a la norma alemana VDE, se calculan tomando en cuenta la tensión disruptiva bajo lluvia:

$$U_c = 1.1 * (2.2U + 20)$$

$$U = V_{\max-nom} = 24 kV$$

$$U_c = 80.08 kV$$

De acuerdo al C.N.E. la tensión disruptiva bajo lluvia a la frecuencia de servicio no debe ser menor a:

$$U_c = 2.1 * (U + 5)$$

$$U = V_{\max-nom} = 24 kV$$

Según el Código Americano (NESC) la tensión disruptiva en seco no debe ser mayor que el 75 % de la tensión de perforación.

Los aisladores que cumplen con estos requerimientos son:

AISLADOR	TENSIÓN DISRUPTIVA (KV)	
	EN SECO	BAJO LLUVIA
aislador polimérico tipo Suspensión STGS-27 para 10 KV	93	74



Contaminación ambiental

La zona a electrificar está ubicado a 2 Km. de litoral marítimo, por lo tanto el grado de contaminación es fuerte.

Para efecto de la zona la línea de fuga a considerar será:

$$\left(\frac{35.41}{\sqrt{3}} kV\right) * \left(1.5 \frac{cm}{kV}\right) = 30.67 \text{ cm} = 468.15 \text{ mm}$$

El aislador que se pueden utilizar son:

AISLADOR	LONGITUD DE LINEA DE FUGA (mm)
1 aislador polimérico tipo Suspensión STGS-27 para 10 KV	710

Conclusiones

Del análisis efectuado se concluye que para efectuar las obras, se empleará los siguientes aisladores:

Para anclajes, fin de línea y ángulos grandes de cambio de dirección: 1 aislador de suspensión tipo Polimérico STGS – 27KV.

4.6.3 SELECCIÓN DE AISLADOR

TIPO PIN – POLIMERICO

Clase	: STGS – 27KV.
Tensión disruptiva en seco	: 93 KV
Tensión disruptiva bajo lluvia	: 74 KV
Longitud línea de fuga	: 710 mm
Tensión disruptiva al impulso	
- Positivo	: 163 KV
- Negativo	: 158 KV
Esfuerzo de tensión máximo (SML)	: 70 KN
Esfuerzo de tensión de prueba (RTL)	: 35 KN

4.6.4 Selección del Número de Aisladores

Como verificación se determina el tipo de aislador, por el grado de aislamiento, por la distancia de fuga del aislador y por el esfuerzo a la tracción.

a) Para el aislador polimérico tipo SUSPENSION tenemos:

$$L = \frac{m \times U}{\dots\dots\dots}$$



$$N \times \sqrt{\delta}$$

Donde:

N = 01 aislador

m = 2.0 (Coeficiente de suciedad)

$\sqrt{\delta} = 0.995$

U = 10 KV (Máxima tensión de línea)

Reemplazando datos tenemos: L = 10.10 cm = 101 mm

Se selecciona aislador polimérico tipo suspension serie STGS A 27 KV. cuya longitud de línea de fuga es 710 mm

Para el aislador tipo Suspensión

Lo usaremos para el caso mas critico: Estructura de anclaje para ángulos hasta 90° como máximo de la línea, con conductor de Aleación de Aluminio, 70mm².

$$F_c = F_{vc} + T_c$$

$$F_c = 21.21 \cos \alpha/2 + 781.50 \operatorname{sen} \alpha/2$$

$$F_c = 781.50 \text{ Kg. (1 719.30 Lb.)}$$

CS x F_c = 3 x 1719.3 = 5 157.9 Lb. Seleccionamos aislador Polimérico

En los cuadros siguientes se muestran los resultados de los Cálculos de la selección de las Aisladores Poliméricos Tipo Pin. (Tablas 4.5.1, 4.5.2, 4.5.3 y 4.5.4).

4.7 Calculo del Interruptor Principal en baja tensión:

Para la S.E caseta se implementara 02 transformadores de 800 KVA: Este punto esta tratado en el expediente de baja tensión del proyecto. El mismo que se ha integrado como llave térmica regulable principal trifásica indicada en el expediente de baja tensión.

4.8 DIMENSIONAMIENTO DE LA PUESTA A TIERRA.

4.8.1 Generalidades

Las líneas primarias en su mayoría recorrerán zonas poco frecuentadas por transeúntes, no se tomarán en cuenta los conceptos tradicionales conceptos de tensión de paso y toque.

4.8.2 Puestas a Tierra en Red Primaria.

El valor máximo de la resistencia de puesta a tierra de la estructura recomendada en el Código Nacional de Electricidad. Suministro 2011 es de 25 Ohm.

La línea primaria del Sistema de Distribución Primaria será un sistema 10 KV.
Trifásico - Neutro aislado.

Las normas norteamericanas y sudafricanas que han servido de base para la normalización de la Coordinación de Aislamiento en líneas de media tensión, establecen que las sobretensiones inducidas, por lo general, no superan el valor de 300 KV.

En sistemas sin neutro corrido, el dimensionamiento de la puesta a tierra se ha basado en el Código Nacional de Electricidad Suministro 2011 y en norma técnica peruana, estas últimas están previstas para sistemas convencionales de media tensión (no necesariamente de electrificación rural) y para zonas con intensas descargas atmosféricas. En vista que las líneas primarias se ubican en zonas con niveles isoceráunicos mayores de 30, se aplica el criterio de poner a tierra cada una de las estructuras de la Línea.

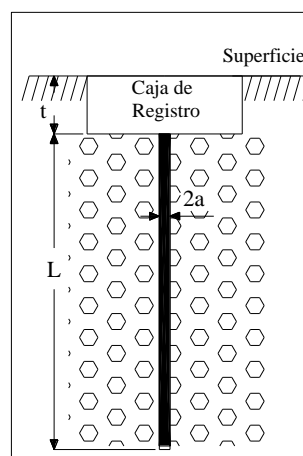
La utilización de la puesta a tierra para las líneas primarias tiene el siguiente criterio:

4.8.3 Configuración y Dimensionamiento de la Puesta a Tierra para Línea Primaria.

4.8.3.1 Dimensionamiento de la Puesta a Tierra con Electrodo Verticales.

Para nuestro caso utilizaremos una varilla de cobre en disposición vertical con las características que se indicarán más adelante.

En el siguiente esquema se muestra la disposición de la barra de puesta a tierra a utilizar:



La fórmula a utilizar para calcular la resistencia a tierra de la barra es la siguiente:

$$R = \frac{\rho_e}{2\pi L} * Ln \left[\frac{L}{a} * \sqrt{\frac{3 * L + 4 * t}{L + 4 * t}} \right]$$



Donde:

pe = Resistividad equivalente del terreno (ohm-m)

Para nuestro caso se trata de un terreno cultivable y fértil, por lo tanto $pe = 20 \text{ ohm} \cdot \text{m}$

L = Longitud de la varilla (2,4 m)

a = Radio de la barra (8 mm)

t = Profundidad de enterramiento (0,3 m)

R = Resistencia a tierra de la barra (ohm)

La resultante será: $R = 7.9758 \text{ ohm}$

La resistencia de puesta a tierra está por debajo del límite de 25 ohmios establecido por el Código Nacional de Electricidad.

En conclusión se utilizará varilla de COOPERWELD de 5/8" Φ x 2,40 mts de longitud.

4.9 CALCULO DE VENTILACIÓN (Caseta de MediaTension)

Para determinar la ventilación de la subestación proyectada tenemos:

Parámetros Generales

Potencia del Transformador	: 2(800) kVA
Pérdidas totales	: 5560W
Temperatura del aire al ingresar a la subestación	: 35° C
Temperatura del aire al salir de la subestación	: 50° C
Incremento de temperatura	: 15° C
Pérdidas totales (Wfe+Wcu)	: 5,560 W

La resistencia que ofrece el camino a la corriente de aire esta dado por la siguiente fórmula

$$R = R1 + m^2R2$$

R1 a la entrada del aire

En cuanto a las pérdidas ocasionadas por los cambios de dirección, se calculan también por, medio de coeficientes fijados por las Tablas (Ventilación de los edificios para estaciones transformadoras, según Zoppeti), tenemos:

Aceleración	= 1,00
Rejilla de alambre	= 1,50
Aumento de sección	= 1,50

Cambio de dirección	= 1,00
Total	= 5,00



R2 a la salida del aire	
Aceleración	= 1,00
Codo rectangular	= 1,50
Rejilla de alambre	= 1,50
Total	= 4,00

Si el canal de salida de aire se hace 20% más grande que el canal de entrada de aire, será

$$m = A1 / A2, \quad m = 0,9 / 1,08 = 0,8333$$

Reemplazando valores:

$$R = 5 + (0,8333)^2 \cdot 4,00$$

$$R = 7,7776$$

La ecuación de equilibrio para la circulación de aire es:

$$A1^2 = 13,2 \cdot P^2 \cdot R / H \cdot tu^3$$

Donde:

$$P = \text{Pérdida total del transformador} = 5,560 \text{ kW}$$

$$H = \text{Altura columna de aire en m} = 1,65 \text{ m}$$

$$Tu = \text{Calentamiento de la columna de aire en } ^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C (T2-T1)}$$

$$R = \text{Resistencia del flujo de aire} = 7,7776$$

$$A1^2 = 13,2 \cdot (6,050)^2 \cdot 7,7776 / 1,65 \cdot (15)^3$$

$$A1 = 0,8214 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0,8214 / 0,8333 = 0,9857 \text{ m}^2$$

La subestación ha sido diseñada con =

$$A1 = 1,35 \text{ m}^2$$

$$A2 = 1,62 \text{ m}^2, \text{ a la salida de la celda de transformaron y de}$$

$$A3 = 7.83 \text{ m}^2 \text{ a la salida de las obras civiles de la caseta}$$

Por lo tanto, se concluye que tendrá ventilación natural

04.10 DE LA CELDAS DE MEDIA TENSION

La serie de celdas de media tensión está constituida por celdas normadas, modulares y compactas, a prueba de arco interno, equipados con seccionadores de maniobra en SF6 y con interruptores automáticos en vacío.

La modularidad de los compartimientos, permite configuraciones complejas de las celdas de MT.

Cada compartimiento está provisto de enclavamientos mecánicos y esquemas sinópticos, que aseguran condiciones de absoluta seguridad para el usuario.

La ejecución que resiste el arco interno hace posible su empleo en condiciones extremas.



Tensión nominal		kV	12	17.5	24	36
Tensión nominal resistida a 50Hz, 1Min (KV r.m.s.)	A tierra y entre fases	kV	28	17.5	24	36
	A través de la distancia de aislamiento	kV	32	17.5	24	36
Tensión de impulso atmosférico (valor pico)	Entre fase-tierra y entre fases	kV	75	17.5	24	36
	A través de la distancia de seccionamiento	kV	85	17.5	24	36
Frecuencia nominal		Hz	50 / 60			
Corriente nominal en barras principales hasta		A	1000			
Corriente nominal funcional		A	630 1000			400 1000
Corriente de corta duración		kA-s	16 - 1s 20 - 3s 25 - 1s	16 - 1s 20 - 1s 20 - 2s		
Corriente de pico (cr)		kAa	40 50 62.5	40 50		
Resistencia de arco interno		kA-s	16 - 1s			
Grado de protección interna / externa		IP	2X/3X			
Altura		m	≤1000			
Temperatura ambiente		°C	-5÷40			

Debiendo preverse en la ejecución que ambos transformadores de potencia de 800 kva, cada uno deba tener la debida conexión de las celdas con seccionadores y su recalcu para su adquisición.

V.- DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD

5.0 DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD

5.1 Separación Mínima Horizontal o Vertical entre conductores de un mismo circuito en los apoyos

$$D = 0,70m$$

Esta distancia es válida tanto para la separación entre 2 conductores de fase como entre un conductor de fase y uno neutro.

5.2 Distancia Mínima entre los conductores y sus accesorios bajo tensión y elementos puestos a tierra.

$$D = 0,20m$$

Esta distancia no es aplicable a conductor neutro

5.3 Distancia Horizontal Minima entre los conductores de um mismo circuito a mitad vano.

$$D = 0,0076 (U) (Fc) + 0,65^2 f$$



Donde:

- U = Tensión nominal entre fases, kV
Fc = Factor de corrección por altitud
F = Flecha del conductor a la temperatura máxima prevista, m

Nota:

1. Cuando se trate de conductores de flechas diferentes, sea por tener distintas secciones o haberse partido de esfuerzos EDS diferentes, se tomará la mayor de las flechas para la determinación horizontal mínima.
2. Además de las distancias en estado de reposo, se deberá verificar también, que bajo una diferencia del 40% entre las presiones dinámicas de viento sobre los conductores más cercanos, la distancia D no sea menor que 0,20 m.

5.4 Distancia Vertical Mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano.

- Para vanos hasta 100m : 0,70m
- Para vanos entre 101 y 350 m : 1,00 m
- Para vanos entre 350 y 600m : 1,20m

En estructuras con disposición triangular de conductores, donde dos de éstos estén ubicados en un plano horizontal, sólo se tomará en cuenta la separación horizontal de conductores si es que el conductor superior central se encuentra a una distancia vertical de 1,00 m ó 1,20 m (según la longitud de los vanos) respecto a los otros dos conductores.

En líneas con conductor neutro, deberá verificarse, adicionalmente, la distancia vertical entre el conductor de fase y el neutro para la condición sin viento y máxima temperatura en el conductor de fase, y temperatura EDS en el conductor neutro. En esta situación la distancia vertical entre estos dos conductores no deberá ser inferior a 0.50m. Esta verificación deberá efectuarse, también, cuando exista una transición de disposición horizontal a disposición vertical de conductores con presencia de conductor neutro.

5.5 Distancia Horizontal Mínima entre conductores de diferentes circuitos.

Se aplicará la misma fórmula consignada en 5.3

Para la verificación de la distancia de seguridad entre dos conductores de distinto circuito debido a una diferencia de 40% de las presiones dinámicas de viento, deberá aplicarse las siguientes fórmulas:

$$D = 0,00746 (U) (Fc), \text{ pero no menor que } 0,20 \text{ m}$$

- U = Tensión nominal entre fases del circuito de mayor tensión, en kV
Fc = Factor de corrección por altitud

5.6 Distancia Vertical Mínima entre conductores de diferentes circuitos



Esta distancia se determinará mediante la fórmula:

$$D = 1,20 + 0,0102 (F_c) (KV1 + KV2 - 50)$$

Donde:

KV1 = Máxima tensión entre fases del circuito de mayor tensión, en kV
KV2 = Máxima tensión entre fases del circuito de menor tensión, en kV

Para líneas de 22,9 kV, esta tensión será 25 kV

F_c = Factor de corrección por altitud

5.7 Distancias Mínima del conductor a la superficie del terreno.

- | | | |
|---|---|-------|
| - En lugares accesibles sólo a peatones | : | 5,0 m |
| - En laderas no accesibles a vehículos o personas | : | 3,0 m |
| - En lugares con circulación de maquinaria agrícola | : | 6,0 m |
| - A lo largo de calles y caminos en zonas urbanas | : | 6,0 m |
| - En cruce de calles, avenidas y vías férreas | : | 7,0 m |

Notas:

Las distancias mínimas al terreno consignadas en el numeral 5.7 son verticales y determinadas a la temperatura máxima prevista, con excepción de la distancia a laderas no accesibles, que será radial y determinada a la temperatura en la condición EDS final y declinación con carga máxima de viento.

- Las distancias sólo son válidas para líneas de 22,9 kV
- Para propósitos de las distancias de seguridad sobre la superficie del terreno, el conductor neutro se considera igual en un conductor de fase.
- En áreas que no sean urbanas, las líneas primarias recorrerán fuera de la franja de servidumbre de las carreteras. Las distancias mínimas del eje de la carretera al eje la línea primaria serán las siguientes:

- | | | |
|--------------------------------|---|------|
| . En carreteras importantes | : | 25 m |
| . En carreteras no importantes | : | 15 m |

Estas distancias deberán ser verificadas, en cada caso, en coordinación con la autoridad competente.

5.8 Distancias mínimas a terrenos rocosos o árboles aislados.

- | | | |
|--|---|--------|
| - Distancia vertical entre el conductor inferior y los árboles | : | 2,50 m |
| - Distancia radial entre el conductor y los árboles laterales | : | 0,50 m |

Notas:



- Las distancias verticales se determinarán a la máxima temperatura prevista.
- Las distancias radiales se determinarán a la temperatura en la condición EDS final y declinación con carga máxima de viento.
- Las distancias radiales podrán incrementarse cuando haya peligro que los árboles caigan sobre los conductores.

5.9 Distancias Mínimas a edificaciones y otras construcciones

No se permitirá el pase de líneas de media tensión sobre construcciones para viviendas o que alberguen temporalmente a personas, tales como campos deportivos, piscinas, campos feriales, etc.,

- Distancia radial entre el conductor y paredes y otras Estructuras no accesibles : 2,5 m
- Distancia radial entre el conductor y parte de una edificación normalmente accesible a personas incluyendo abertura de ventanas, balcones y lugares similares : 2,5 m