

**“Calculos para una subestación  
de  
Distribución tipo rural”**

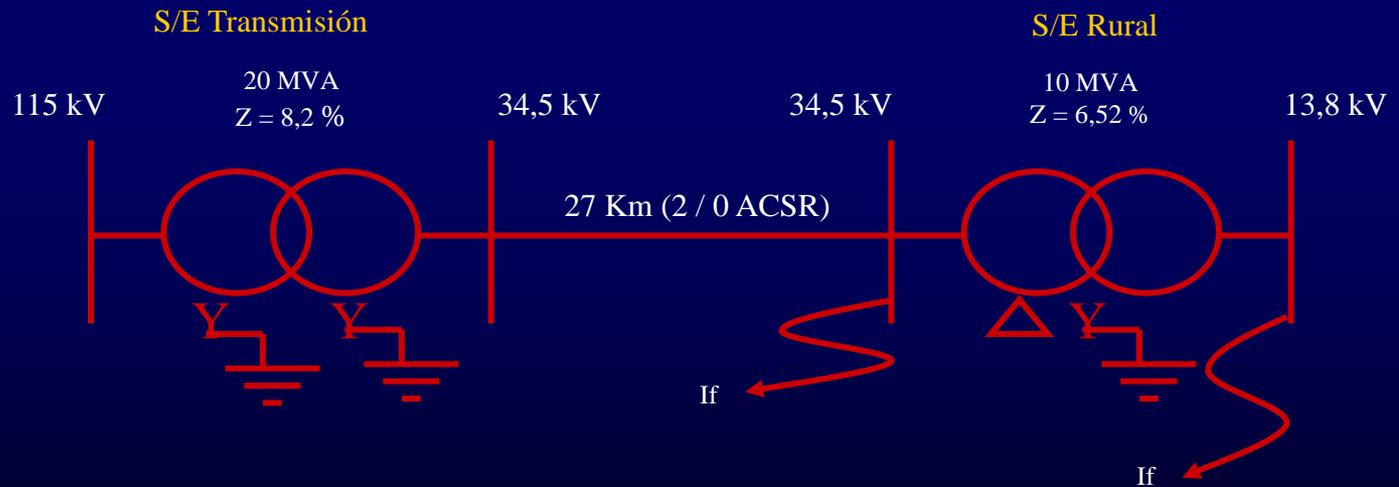
# CONTENIDO

- **Cálculo de Corto Circuito**
- **Verificación de las Barras Colectoras**
- **Cálculo de las Cargas que Interviene en el Pórtico**
- **Distancia de Diseño**
- **Diseño de Malla de Tierra**
- **Servicios Auxiliares.**
- **Cálculo del apantallamiento.**
- **Coordinación de Aislamiento.**

# Cálculo de Corto Circuito

## • Cálculo del nivel de cortocircuito

El estudio de los niveles de cortocircuito se inicia con el diagrama unifilar del sistema de potencia por estudiar.



**Diagrama unifilar para el estudio de cortocircuito de la Subestación Rural**

# Cálculo de Corto Circuito

Niveles de cortocircuitos en la barras de 115 kV de la subestación de Transmisión

Subestación Eléctrica	$MVA_{3F}$	$MVA_{1F}$
Rural	$1056,93 \angle -17,7^\circ$	$336,94 \angle -14,9^\circ$

Cálculos de las Impedancias de Secuencia Positiva, Negativa y Cero de la Línea

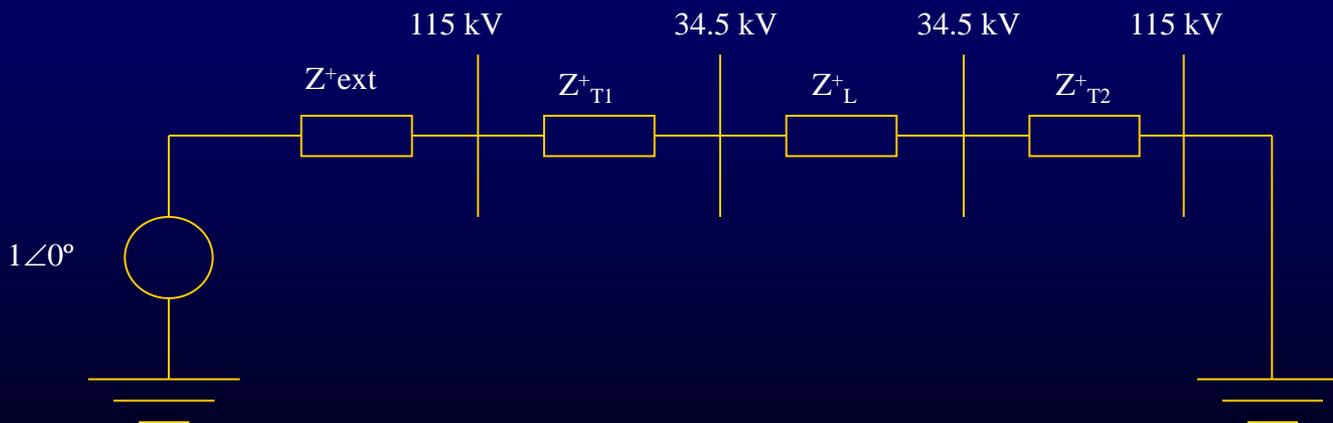


Diagrama de impedancia de secuencia positiva

# Cálculo de Corto Circuito

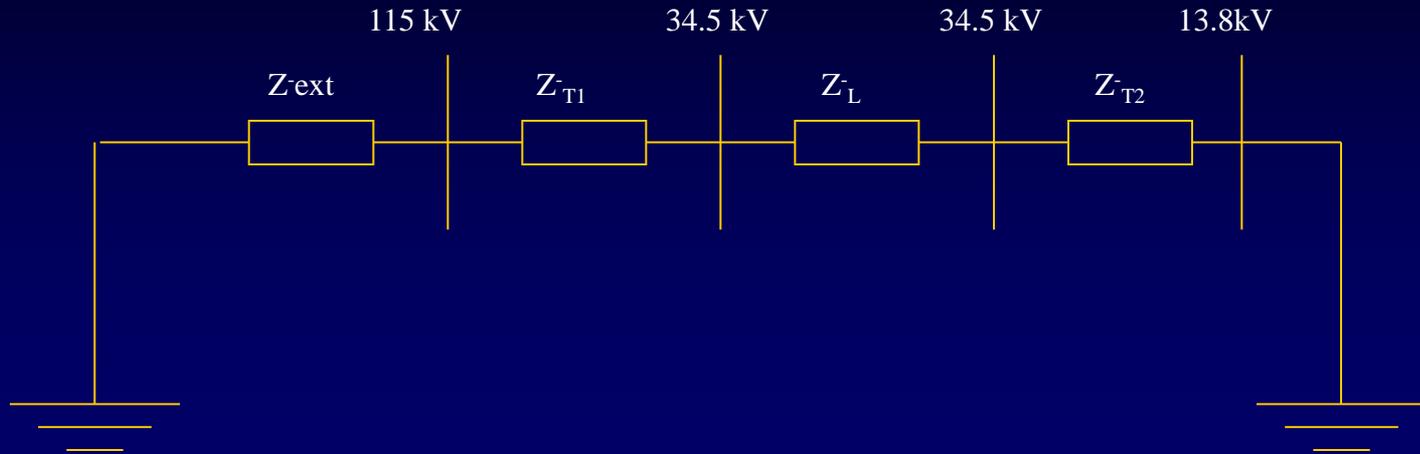


Diagrama de impedancia de secuencia negativa

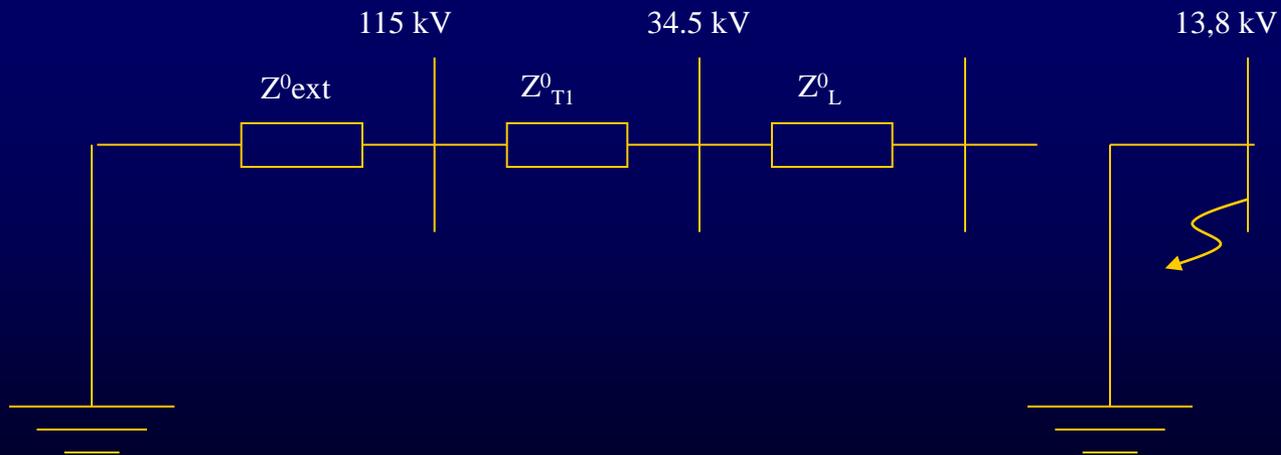


Diagrama de impedancia de secuencia cero

# Cálculo de Corto Circuito

## • Impedancia de secuencia positiva y negativa

$$Z^+ = Z^- = r_a + j \times (x_a + x_d) \quad \Rightarrow \quad Z^+ = Z^- = 1,2279 \angle 56,4830 \text{ pu}$$

## • Impedancia de secuencia cero

$$Z^0 = (r_a + r_e) + j(x_a + x_e - 2 \times x_d) \quad \Rightarrow \quad Z^0 = 4,68 \angle 76,64 \text{ pu}$$

Donde:

$$r_a: 0,2989 \Omega / \text{Km}$$

$$x_a: 0,3306 \Omega / \text{Km}$$

$$x_d: 0,279 \times \log D_{eq} = 0,1207 \Omega / \text{Km}$$

$$r_e = 0,00477 \times 60 = 0,17783 \Omega / \text{Km}$$

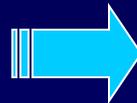
$$x_e: \text{Reactancia mutua a Tierra} = 1,9187 \Omega / \text{Km}$$

# Cálculo de Corto Circuito

## Impedancia del Sistema Externo

### • Impedancia del sistema externo de secuencia positiva y negativa

$$Z_{ext}^{+ (p.u)} = Z_{ext}^{- (p.u)} = 1 \times \frac{P_{base}}{MVA_{acc}}$$



$$Z_{ext}^{+} = Z_{ext}^{-} = 9,46 \times 10^{-2} \angle 17,7^{\circ} pu$$

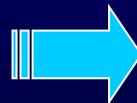
Donde:

$P_{base}$ : 100 MVA

$MVA_{acc}$ :  $1056,93 \angle -17,7^{\circ}$  MVA

### • Impedancia del sistema externo de secuencia cero

$$Z_{ext}^0 = 3 \times \frac{1 \angle 0^{\circ}}{I_{cc1\phi}} - 2 \times Z_{ext}^{+}$$



$$Z_{ext}^0 = 0,70 \angle 14,14^{\circ} pu$$

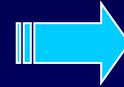
Donde:

$I_{cc1\phi}$ : Corriente de cortocircuito monofásica en p.u =  $3,37 \angle -14,9^{\circ}$

# Cálculo de Corto Circuito

## • Impedancia del Transformador

$$Z_T^+ = Z_T^- = Z_T^0 = Z_{T(p.u)} \times \left( \frac{kV_T}{kV_{base}} \right)^2 \times \left( \frac{MVA_{base}}{MVA_T} \right)$$



## Subestación Cumana III

$$Z_{T1}^+ = Z_{T1}^- = Z_{T1}^0 = 0,41 \angle 90^\circ$$

Datos del Transformador de la Subestación Cumaná  
III

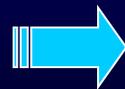
Capacidad = 20 MVA

Impedancia = 8,2%

Datos del Transformador de la Subestación Puerto de la Madera

Capacidad = 10 MVA

Impedancia = 6,52%



$$Z_{T2}^+ = Z_{T2}^- = Z_{T2}^0 = 0,652 \angle 90^\circ pu$$

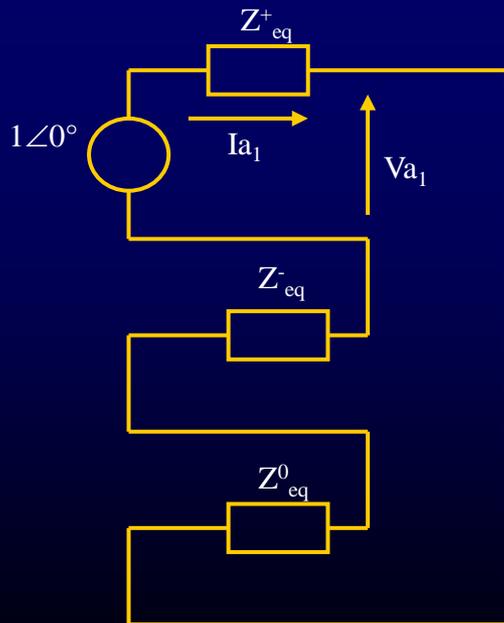
# Cálculo de Corto Circuito

## • Cálculos de las Corrientes de Cortocircuito Trifásicas

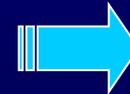
$$If_{3\phi} = \frac{1\angle 0^\circ}{ZT^+}$$

## • Cálculos de las Corrientes de Cortocircuito Monofásicas

Para este tipo de cálculo los diagramas de impedancias de secuencias se conectan en serie, como se muestra el figura



$$I_a = 3 \times I_{a1}$$



$$I_{a1} = \frac{1\angle 0^\circ}{Z_{eq}^+ + Z_{eq}^- + Z_{eq}^0}$$



$$If_{1\phi} = 3 \times \frac{1\angle 0^\circ}{Z_{eq}^+ + Z_{eq}^- + Z_{eq}^0}$$

# Cálculo de Corto Circuito

**Niveles de Cortocircuito en la barra de 34,5 kV y 13,8 kV**

<b>Subestación Eléctrica</b>	<b>Nivel de Tensión En la Barra</b>	<b><math>I_{cc_{3F}}</math> (A)</b>	<b><math>I_{cc_{1F}}</math> (A)</b>
<b>Rural</b>	34,5 kV	1004,0874	568,9828
	13,8 kV	<b>1863,42</b>	2452,90

# Calculo de las Barras

## Verificación de la capacidad térmica de las Barras

Se basó en el modelo de la Westinghouse modificado”.

Para este cálculo se seleccionó un conductor de cobre desnudo de calibre A.W.G # 4/0, y se verificó si cumple con las condiciones exigidas.

### *Datos del Conductor en 13,8 kV*

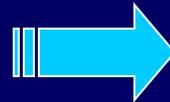
- ✓ Conductor = A.W.G #4/0 de cobre
- ✓ Sección del conductor =  $107,2 \text{ mm}^2$
- ✓ Diámetro exterior =  $13,3 \text{ mm} = 0,522 \text{ pulg}$
- ✓ Modulo de elasticidad del conductor (E) =  $13.000 \text{ Kg/mm}^2$
- ✓ Coeficiente de dilatación térmica ( $\alpha$ ) =  $17 \times 10^{-6}$
- ✓ Temperatura ambiente ( $T_a$ ) =  $30^\circ \text{C}$
- ✓ Temperatura en condiciones normales ( $T_c$ ) =  $70^\circ \text{C}$
- ✓ Temperatura en condiciones de emergencias ( $T_c$ ) =  $110^\circ \text{C}$

# Calculo de las Barras

- Verificación de la Capacidad Térmica de los Conductores en Condiciones Normales y de Emergencia

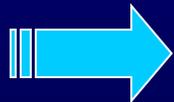
$$I^2 \times Rac = (Wr + Wc - Wi / 2) \times A$$

**Wc = Energía Térmica por Convección**



$$Wc = \left[ \frac{0.0128 \times \sqrt{P \times V \times 3.28}}{(Tm)^{0.123} \times \sqrt{d \times 0.039}} \right] \times \Delta t$$

**Wr = Energía Térmica por radiación**



$$Wr = 36,8 \times 10^{-12} \times 0,6 \times \left[ (Tc + 274)^4 - (Ta + 274)^4 \right]$$

**Wi = Energía Térmica por Insolación**



$$Wi = a \times S \times 6.45 \times 10^{-3}$$

**A = Área longitudinal del conductor**



$$A = \pi \times d$$

# Calculo de las Barras

**Rac = Resistencia Alterna efectiva a la Temperatura del Conductor**

$$R_{AC} = K \times R_{DC}$$

**Donde K se obtiene a partir del Valor de X**



$$X' = 0,063598 \times \sqrt{\frac{\mu \times f}{R_{DC(milla)}}}$$

**EL Valor de R<sub>DC</sub> a cualquier temperatura se obtiene a partir de**



$$R_{DC(T_2)} = R_0 \times [1 + \alpha_0 \times (T_2 - 20^\circ C)]$$

# Calculo de las Barras

Capacidad de las Barras en 13,8 kV y 34,5 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V}$$

Tensión (kV)	Capacidad de la Barra en Condiciones Normales (A)	Capacidad de la Barra en Condiciones de Emergencia(A)
13,8	418,36	543,87
34,5	167,34	217,65

Capacidad de las Barras en 13,8 kV y 34,5 kV Calculada mediante la Ec de Balance Térmico

Tensión (kV)	Capacidad de la Barra en Condiciones Normales (A)	Capacidad de la Barra en Condiciones de Emergencia(A)
13,8	435,95	588,47
34,5	280,71	409,22

# Calculo de las Barras

## ● Cálculos de la Capacidad de los Conductores bajo Cortocircuito

$$A_c = \frac{I_{cc}}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \times 10^{-4}}{t \times a_r \times \rho_r}\right) \times \ln\left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a}\right)}}$$

Subestación	Tensión (kV)	Sección de los Conductores seleccionado (mm <sup>2</sup> )	Sección de los Conductores requerida por Cortocircuito (mm <sup>2</sup> )
Rural	13,8	107,2	6,159
	34,5	67,43	1,428

# Cargas que Intervienen en los Pórticos

## Cálculo Mecánico

- ✓ Conductor = AWG # 4 / 0 de cobre 7 hilos (13,8kV) y AWG# 2/0 de cobre (34,5kV)
- ✓ Sección del conductor = 107,2 mm<sup>2</sup> (13,8kV) y 67,43mm<sup>2</sup> (34,5kV)
- ✓ Diámetro exterior = 13,3 mm ó 0,522 pulg (13,8kV) y 10,5mm ó 0,413 pulg
- ✓ Peso del conductor = 0,972 kg/m (13,8kV) y 0,611 kg/m (34,5kV)
- ✓ Resistencia de rotura del conductor = 2789 kg (13,8kV) y 2150 kg (34,5kV)
- ✓ Modulo de elasticidad del conductor (E) = 13.000kg/mm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de dilatación térmica ( $\alpha$ ) =  $17 \times 10^{-6}$

### ● Cálculo de las Cargas que Intervienen en los pórticos

Para el dimensionamiento del pórtico de las Subestación, se determina las fuerzas actuantes sobre él:

#### ● Fuerza Longitudinal

$$T'^2 \times [T' + A] = B$$



$$A = \alpha \times E \times (\theta' - \theta) + \frac{L^2 \times E \times W_0^2}{24 \times T^2} - T$$



$$B = \frac{Wc'^2 \times L^2 \times E}{24}$$

# Carga que Interviene en los Pórticos

## ● Fuerza Transversal

- ✓ Fuerza del Viento que ejerce sobre las cadenas de aisladores

$$F_t = 0,007 \times 0,6 \times V^2 \times \phi \times L_c$$

Donde:

$\phi$  = Diámetro de las cadenas de aisladores = 0,254 m

$L_c$  = Longitud de la cadenas de aisladores = 0,435 m (13,8kV) y 0,725 m (34.5kV)

$V$  = Velocidad del viento = 120 km/h

- ✓ Fuerza del Viento que ejerce sobre el conductor

$$F_{vc} = Wc' \times \frac{L}{2}$$

Donde:

$Wc'$  = Peso compuesto del conductor por unidad de longitud con viento

1,266 kg (13,8kV) y 0,885 kg (34,5kV)

$L$  = Vano = 10 m

# Carga que Interviene en los Pórticos

- Fuerza Vertical

Son todos los pesos de equipos que actúan sobre la estructura

## Fuerzas que Actúan Sobre el Pórtico de 13,8 kV

Fuerzas	Fases		
	R (kg)	S (kg)	T (kg)
Fuerzas Longitudinales	175,53	175,53	175,53
Fuerzas Transversales	13	13	13
Fuerzas Verticales	50	250	50

## Fuerzas que Actúan Sobre el Pórtico de 34,5 kV

Fuerzas	Fases		
	R (kg)	S (kg)	T (kg)
Fuerzas Longitudinales	82,41	82,41	82,41
Fuerzas Transversales	17	17	17
Fuerzas Verticales	68	268	68

# Distancias de Diseño

- **Distancia entre Fases y Distancias entre Fase y Tierra**

Estas distancia están normalizadas por CADAFE, sin embargo, para el resto de las distancias se usaran las ecuaciones para las distancias mínimas.

Tensión Nominal (kV)	Tensión Máxima de Diseño (kV)	Nivel de Impulso(NBI) (kV)	Distancia de Fase a Fase (m)	Distancia de Fase a Tierra (m)
13,8	15,5	110	0,6	0,46
34,5	38	200	1	0,6

- **Altura de los Equipos Sobre el Nivel del Suelo ( $h_s$ )**

$$h_s = 2,30 + 0,0105 \times kV$$

Donde

**kV = Tensión Máxima de Diseño**

# Distancias de Diseño

<b>Equipos de La Subestación</b>	<b>Tensión Nominal (kV)</b>	<b>Tensión Máxima De Diseño (kV)</b>	<b><math>h_s</math> (m)</b>
<b>Transformador de potencia</b>	<b>13,8</b>	<b>15,5</b>	<b>2,5</b>
<b>Reconectador</b>	<b>13,8</b>	<b>15,5</b>	<b>2,5</b>
<b>Cortacorriente</b>	<b>13,8</b>	<b>15</b>	<b>2,5</b>
<b>Seccionador</b>	<b>13,8</b>	<b>15</b>	<b>2,5</b>
<b>Transformador de Corriente</b>	<b>13,8</b>	<b>15</b>	<b>2,5</b>
<b>Transformador de Potencial</b>	<b>13,8</b>	<b>15</b>	<b>2,5</b>
<b>Transformador de Potencia</b>	<b>34,5</b>	<b>38</b>	<b>2,7</b>
<b>Disyuntor</b>	<b>34,5</b>	<b>38</b>	<b>2,7</b>
<b>Seccionador</b>	<b>34,5</b>	<b>38</b>	<b>2,7</b>
<b>Cortacorriente</b>	<b>34,5</b>	<b>38</b>	<b>2,7</b>

# Distancias de Diseño

- **Altura de las Barras sobre el Nivel del Suelo ( $h_b$ )**

$$h_b = 5,0 + 0,0105 \times kV$$

<b>Equipos de La Subestación</b>	<b>Tensión Nominal (kV)</b>	<b>Tensión Máxima De Diseño (kV)</b>	<b><math>h_b</math>(m)</b>
<b>Barras Colectoras</b>	<b>13,8</b>	<b>15,5</b>	<b>5,2</b>
	<b>34,5</b>	<b>38</b>	<b>5,5</b>

- **Altura de llegada de las Líneas a la Subestación ( $h_L$ )**

$$h_L = 5,0 + 0,0105 \times kV$$

<b>Equipos de La Subestación</b>	<b>Tensión Nominal (kV)</b>	<b>Tensión Máxima De Diseño (kV)</b>	<b><math>h_b</math>(m)</b>
<b>Líneas de Distribución</b>	<b>13,8</b>	<b>15,5</b>	<b>5,1</b>
<b>Líneas de Transmisión</b>	<b>34,5</b>	<b>38</b>	<b>5,5</b>

# Distancias de Diseño

- Distancia Horizontal y Vertical para la circulación del Personal

$$d_h = d_{F-T} + 0,9$$

$$d_V = d_{F-T} + 2,25$$

Circulación Del Personal	Tensión Nominal (kV)	$d_h$ (m)	$d_v$ (m)
	13,8	1,36	2,71
	34,5	1,5	2,85

- Distancia Horizontal y Vertical para la circulación de vehículos

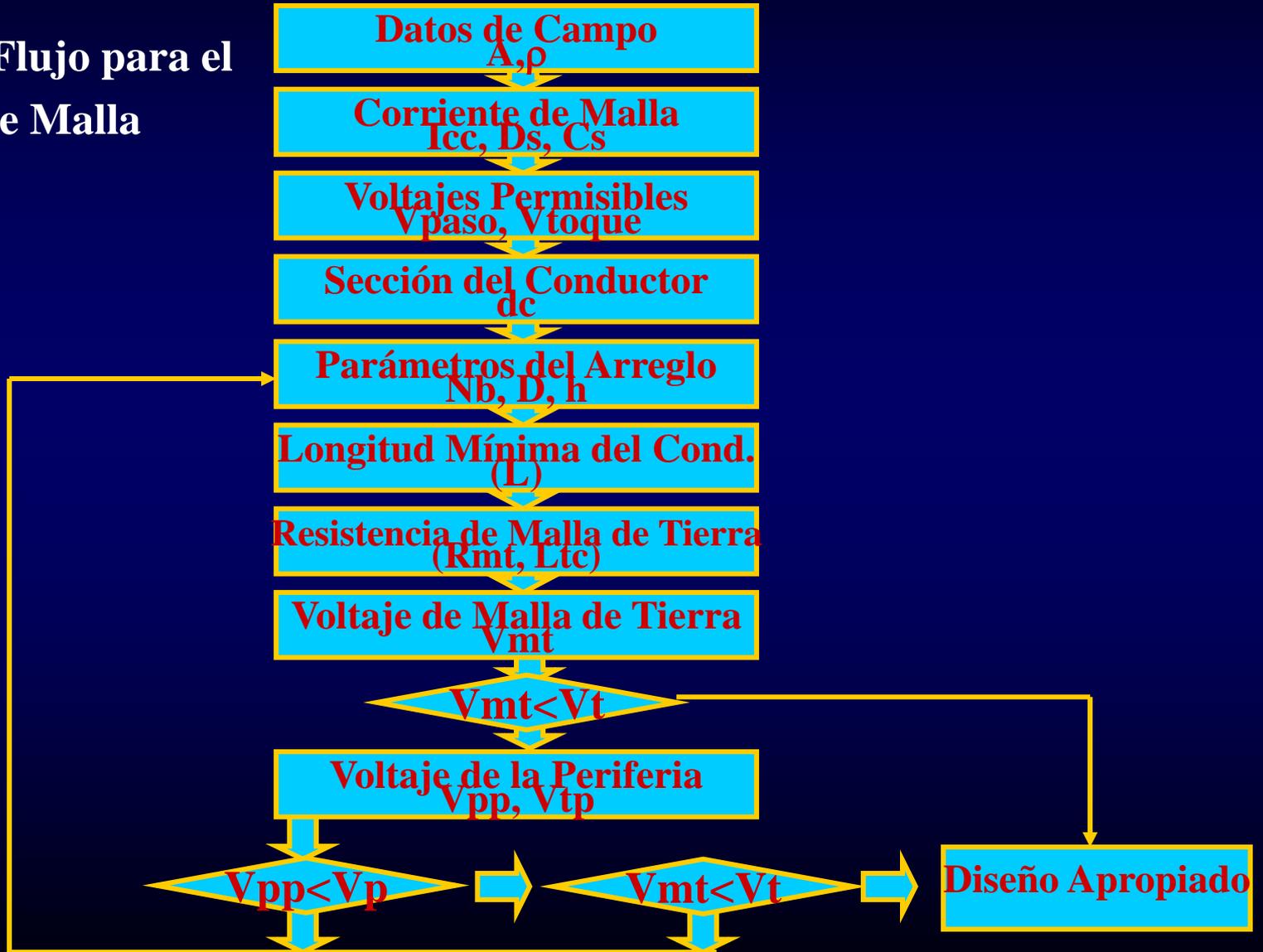
$$d_{VV} = 2,30 + d_V$$

$$d_{HV} = d_{VV} + 0,7$$

Circulación Del Personal	Tensión Nominal (kV)	$d_h$ (m)	$d_v$ (m)
	13,8	5,74	5,01
	34,5	5,85	5,15

# Diseño de Malla de Tierra

Diagrama de Flujo para el  
Diseño de Malla



# Diseño de Malla de Tierra

## • Datos de la Malla de Puesta a Tierra

- Área y longitud de la Subestación = 900 m<sup>2</sup>
- Resistividad del terreno ( $\rho$ ) = 300  $\Omega$  - m
- Resistividad Superficial ( $\rho_s$ ) = 3000  $\Omega$  - m
- Profundidad de enterramiento de la malla ( $h$ ) = 0,5 m
- Tiempo de despeje de la falla ( $t$ ) = 0,5 s
- Corriente de cortocircuito monofásica para el primer diseño de la Subestación ( $I_{cc}$ ) = 2452,90 A
- Temperatura ambiente ( $T_a$ ) = 40°C

**“ Por Norma de la Empresa CADA FE normalizo el Conductor de Malla a Tierra A.W.G 4/0 desnudo 19 hilos”**

# Diseño de Malla de Tierra

## • Tensiones de Paso y de Toque permisibles

Tensiones de Paso Permisible



$$E_{PP} = (1000 + 6 \times Cs(hs, K) \times \rho_s) \times \frac{0,157}{\sqrt{t}}$$

Tensiones de Toque Permisible



$$E_{TP} = (1000 + 1.5 \times Cs(hs, K) \times \rho_s) \times \frac{0,157}{\sqrt{t}}$$

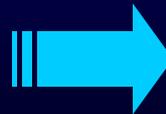
Factor de Reflexión (K)

$$K = \frac{\rho_{Suelo} - \rho_{Superficie}}{\rho_{Suelo} + \rho_{Superficie}}$$

Donde:

$$\rho_{Suelo} = 300 \Omega\text{-m}$$

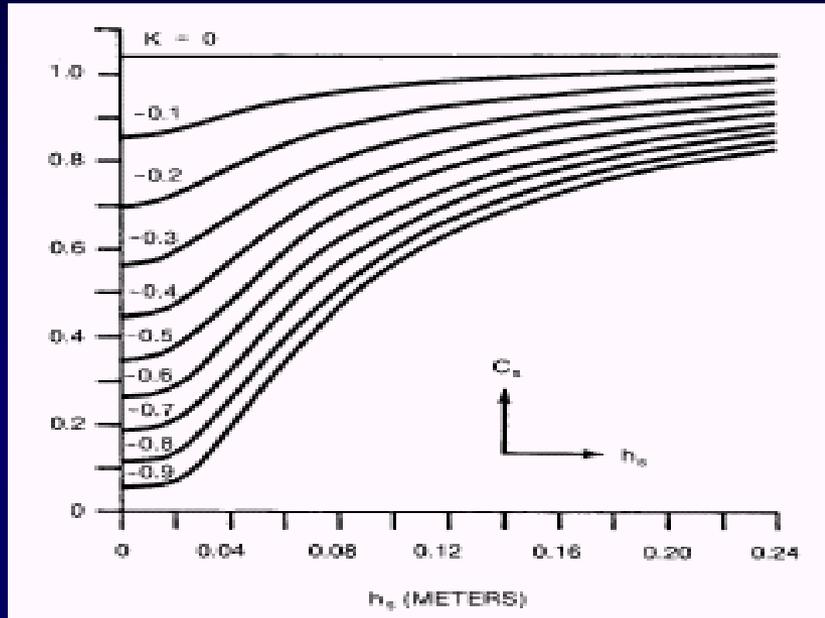
$$\rho_{Superficie} = 3000 \Omega\text{-m}$$



$$K = -0,81$$

# Diseño de Malla de Tierra

## Factor de Reducción (Cs)



$$C_s = 0,71$$

$$E_{PP} = 3058,59V$$

$$E_{TP} = 931,42V$$

### • Longitud del Conductor

$$L = n_1 \times L_1 + n_2 \times L_2$$



$$L = 1088m$$

Donde:

$n_1 = n_2 = 17$  = Es el Numero de Conductores Perpendiculares a la mayor dirección

$L_1 = L_2 = 32$  = Representa los Lados de la Malla

# Diseño de Malla de Tierra

## • Resistencia de la Malla

$$R_M = \rho \times \left[ \left( \frac{1}{L} \right) + \left( \frac{1}{\sqrt{20 \times A}} \right) \times \left( 1 + \frac{1}{1 + h \times \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$



$$R_M = 4,33 \Omega$$

## • Máxima Tensión de Malla

$$E_M = I_M \times R_M$$



$$E_M = 10621,057 V$$

Donde:

$I_M =$  Corriente de Malla = 2452,90 A

$$I_M = Dq \times Cq \times Icc$$

$Dq =$  Factor de decremento para la duración de falla = 1

$Cq =$  Factor de corrección = 1

# Diseño de Malla de Tierra

$$E_M = 10621,057V > E_{TP} = 931,42V$$

- Verificación de la Tensión de Paso y de Toque en la Periferia de la Malla

$$E_{PM} = \frac{Ks \times Ki \times \rho \times I_M}{L} \quad \text{y} \quad E_{TM} = \frac{Km \times Ki \times \rho \times I_M}{L}$$

**Donde:**

**Ks = Factor de espaciamento para el voltaje de paso**

$$Ks = \frac{1}{\pi} \times \left[ \left( \frac{1}{2 \times h} \right) + \left( \frac{1}{D+h} \right) + \left( \frac{1}{D} \right) \times (1 - (0,5^{n-2})) \right]$$

**Ki = Factor de Corrección de Irregularidad**

$$Ki = 0,656 + 0,172 \times n$$

**Km = Factor de Espaciamento**

$$Km = \frac{1}{2 \times \pi} \times \left[ Ln \left( \frac{D^2}{16 \times h \times d} + \frac{(D+2 \times h)^2}{8 \times D \times d} - \frac{h}{4 \times d} \right) + \frac{Kii}{Kh} \times Ln \frac{8}{\pi \times (2 \times n - 1)} \right]$$

# Diseño de Malla de Tierra

## Subestación Rural

$$E_{PP} > E_{PM} \Rightarrow 3058,59V > 1462,48V$$
$$E_{TP} > E_{TM} \Rightarrow 931,42V > 828,09V$$

**“Cumple con la Seguridad  
de la Malla”**

# Diseño de Malla de Tierra

- **Método Para Mejorar una Malla de Puesta a Tierra Segura**

Este método es llamado *Hicamiento profundo*, este trata de ir enterrando barras de cobre una tras otra de 1,5 metro y 2 centímetro de diámetros con un equipo apropiado, y hacer luego mediciones de resistencia hasta conseguir valores aceptable de resistencia, la cual brinde a las instalaciones eléctricas y a las personas que laboran en ella, una buena seguridad, además de un buen funcionamiento,.

# SERVICIOS AUXILIARES

## Servicios Auxiliares

El cálculo de los servicios auxiliares de corriente continua y alterna, se determinará de acuerdo a las especificaciones técnicas de CADAPE (NS-P-371 y NS-P- 372).

- **Cálculo de los servicios auxiliares de corriente alterna**

El cálculo de los servicio auxiliares de corriente alterna se determina de la siguiente ecuación

$$W = I \times V \times F_s \times F_d$$

Donde

**F<sub>s</sub> y F<sub>d</sub> = son factores de demanda.**

# SERVICIOS AUXILIARES

## Armario de Protección

- ✓ 2 tomacorriente de 20 amp – 220 V y 15 amp – 120 V
- ✓ 1 rectificador de 1 amp – 220 V
- ✓ 1 resistencia de calefacción de 60W – 220 V

$$W_{Total} = 1490W$$

## Gabinete del Interruptor

- ✓ 2 tomacorriente de 20 amp – 220V y 15 amp – 120 V
- ✓ 1 rectificador de 2 amp – 220 V
- ✓ 1 resistecia de calefacción de 60 W – 220 V
- ✓ 1 condensador tripolar 1 amp – 220 V
- ✓ 1 motor en el gabinete del interruptor 620 W – 120 V

$$W_{Total} = 2050W$$

# SERVICIOS AUXILIARES

## Alumbrado del Interruptor

Se tendrá 4 luminarias de vapor de sodio de 400 vatios de cada una

$$W = 4 \times 400 \quad \Rightarrow \quad W = 1600W$$

## Capacidad del Transformador

$$\text{Carga del Transformador} = \sum 1490W + 2050W + 1600W = 5140W$$

Considerando una reserva del 30%, la capacidad del transformador será:

$$\text{Carga del Transformador} = 7342W$$

“ La capacidad del Transformador para los servicios auxiliares de corriente alterna será”

10 kVA – 34,5 kV/120 – 220V

# Blindaje de las Subestaciones

## Cálculo del Blindaje

Las subestaciones eléctricas de tipo exterior deben estar protegida en forma semejante a las líneas de transmisión contra las descarga atmosférica directas e indirectas ya que los pararrayos sirven para proteger al equipo únicamente contra las ondas entrantes, por lo que es necesario instalar hilos de guarda.

$$\gamma = \frac{2}{3} h_1 + \sqrt{\frac{1}{9} h_1 + \frac{1}{3} \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

**Donde:**

**$h_1$  = Altura máxima del objeto por proteger = 6m**

**$L$  = Distancia entre los ejes de columnas que forma el modulo = 4m**

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

# Ubicación de los pararrayos

## *Datos del Sistema*

Transformador trifásico de 10 MVA. 34,5/13,8 kV delta estrella.

Con neutro conectado a tierra ( $K_T = 0,8$ ) y nivel de aislamiento de 200 kV

## Tensión Nominal

$$V_n = K_T \times V_{\max}$$

Donde:

$$V_{\max} = 38 \text{ kV}$$



$$V_n = 30 \text{ kV}$$

## Corriente de Descarga Nominal

$$I_d = \frac{2 \times NBI}{Z_0}$$

Donde:

$$Z_0 = 243 \Omega$$



$$I_d = 1,166 \text{ kA}$$

# Coordinación del Nivel de Aislamiento

## *Datos del Pararrayos (Anexo D)*

Tensión Nominal = 30 kV

Tensión Máxima en el Pararrayos ( $V_m$ ) = 36 kV

Corriente de descarga ( $I_d$ ) = 10 kA

Tensión de descarga = 105 kV

Tensión Residual para una onda de corriente de  $10 \times 20 \mu\text{seg. } 10\text{kA} = 88 \text{ kV}$

## Margen de protección por Rayo

$$MP = \frac{NBI - V_p}{V_p} \times 100$$



$$MP = 90,5\%$$

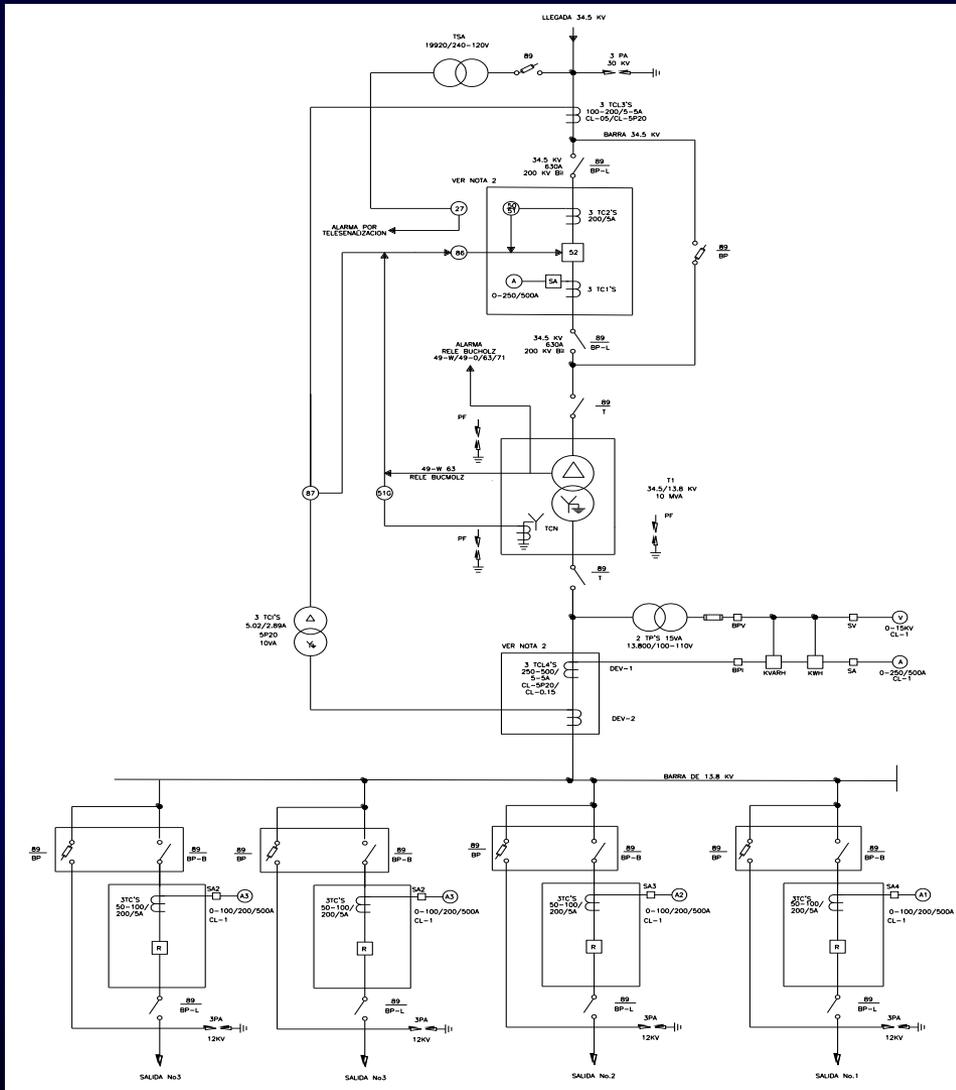
## Tensión máxima permisible

$$D = \frac{300 \times (V_m - V_o)}{2 \times \left\{ \frac{dv}{dt} \right\}}$$



$$D = 33 \text{ metros}$$

# DIAGRAMA UNIFILAR TIPICO DE LA SUBESTACION



## LEYENDA:

	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES
	TRANSFORMADOR DE INTERPOSICION
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA
	INTERRUPTOR DE POTENCIA ON-36 GECALSTROM/TABLECEL PARA 34.5 kV OPERACION EN SPA
	SECCIONADOR BAYPASS DE BARRA
	SECCIONADOR DE SERVICIOS DEL TRANSFORMADOR
	CORTACORRIENTE PARA BYPASS
	CORTACORRIENTE DE LINEA DEL TSA
	SECCIONADOR PARA BAYPASS
	RECONECTOR
	PARRAÑOS TIPO ESTACION
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE EN EL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA
	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
	AMPERMETRO (EN GABINETE DE CONTROL)
	VOLTIMETRO (EN GABINETE DE CONTROL)
	RELE DE SOBRECORRIENTE DE FASES
	RELE PARA DETECCION DE AUSENCIA DE TENSION VAJ-31
	RELE DIFERENCIAL EDI-31 GABINETE DE CONTROL
	RELE DE SOBRECORRIENTE DE TIERRA EN GABINETE DE CONTROL
	RELE DE DISPARO Y BLOQUEO
	SELECTOR AMPERMETRO (EN GABINETE DE CONTROL)
	SELECTOR VOLTIMETRO (EN GABINETE DE CONTROL)
	SEÑAL DE SOBREPRESION INTERNA EN EL TRANSFORMADOR
	SEÑAL DE SOBREPRESION EN EL ARROLLADO
	SEÑAL DE SOBREPRESION EN EL ACEITE
	SEÑAL DE BAJO NIVEL DE ACEITE

## NOTAS:

- TRANSFORMADORES DE POTENCIA 10 MVA
- AJUSTE DE TAP EN LOS TC SEGUN CAPACIDAD INSTALADA EN SUBESTACIONES 10 MVA