

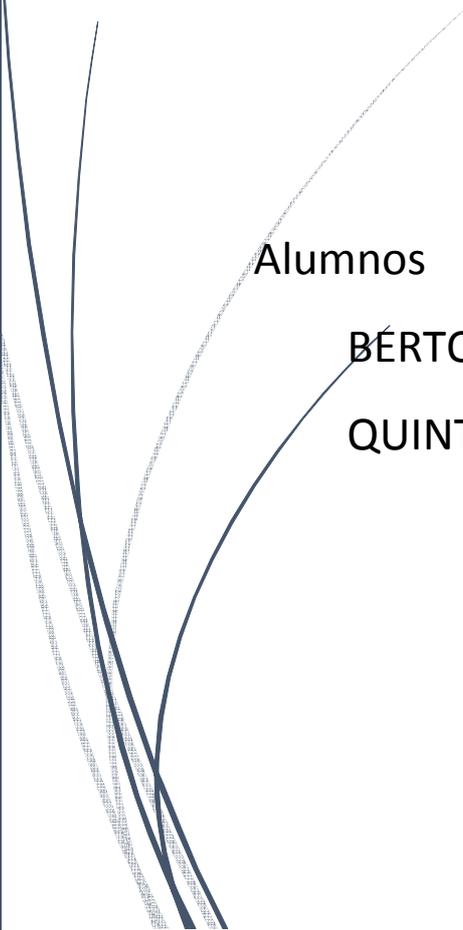


Proyecto Final

# Estudios eléctricos

Líneas de 33kV:

- Salida 6
- Salida 15



Alumnos

BÉRTOLINI, C. Ignacio

QUINTERO, Joaquín E.E.

# Estudios Eléctricos

## Contenido

Parámetros de línea.....	2
Impedancia característica de la línea .....	5
Potencia natural de la línea .....	5
Momento eléctrico .....	7
Salida 6.....	7
Salida 15.....	8
Caída de tensión y pérdida de potencia .....	9
SALIDA 15.....	9
SALIDA 6.....	13
Cálculo de Cortocircuito en Central 2.....	16
Cortocircuito en barra de 33kV – Central 2.....	17
Análisis de flujo de potencia.....	18
Situación “A” .....	21
Situación “B” .....	22
Situación “C” .....	23
Situación “D” .....	24

# Estudios Eléctricos

## Parámetros de línea

### Características del Conductor

Material	Aluminio - Acero
Sección nominal	50/8
Sc	50mm <sup>2</sup>
Src	56,3mm <sup>2</sup>
Diámetro exterior	9,6mm
Iadm	195A
Peso aproximado (Pc)	195 kg/km
Resistividad	0,595 daN/km

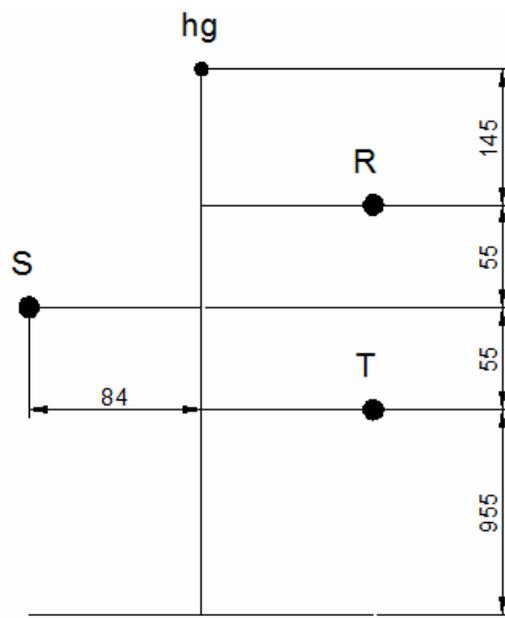
### LINEA TRIFÁSICA

$$D_c = 9,6 \text{ mm}$$

$$D_{hg} = 6,6 \text{ mm}$$

$$K_{cc} = 1$$

$$K_{hg} = 1$$



### Radio medio geométrico del conductor

$$RMG_c = r_c \cdot e^{-K_c/A} = 4,8 \text{ mm} \cdot e^{-1/A} = 3,74 \text{ mm}$$

### Radio medio geométrico del hilo de guardia

$$RMG_H = r_H \cdot e^{-K_{hg}/A} = 3,3 \text{ mm} \cdot e^{-1/A} = 2,57 \text{ mm}$$

## Estudios Eléctricos

### *Altura media geométrica*

$$HMG = \sqrt[3]{h_R \cdot h_S \cdot h_T} = \sqrt[3]{10,65m \cdot 10,1m \cdot 9,55m} = 10,09m$$

### *Diámetro medio geométrico*

$$DMG = \sqrt[3]{D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{TR}}$$

$$D_{RS} = \sqrt{(2,0,84m)^2 + (0,55m)^2} = 1,31m$$

$$D_{ST} = \sqrt{(2,0,84m)^2 + (0,55m)^2} = 1,31m$$

$$D_{TR} = 2,0,55m = 1,10m$$

$$DMG = \sqrt[3]{D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{TR}} = \sqrt[3]{1,31m \cdot 1,31m \cdot 1,10m} = 1,24m$$

### *Diámetro medio geométrico*

$$DMG' = \sqrt[3]{D'_{RS} \cdot D'_{ST} \cdot D'_{TR}}$$

$$D'_{RS} = \sqrt{(2,0,84m)^2 + (20,75m)^2} = 20,82m$$

$$D'_{ST} = \sqrt{(2,0,84m)^2 + (19,65m)^2} = 19,72m$$

$$D'_{TR} = 20,2m$$

$$DMG' = \sqrt[3]{D'_{RS} \cdot D'_{ST} \cdot D'_{TR}} = \sqrt[3]{20,82m \cdot 19,72m \cdot 20,2m} = 20,24m$$

### *Distancia media geométrica al hilo de guardia*

$$DMGH = \sqrt[3]{D_{RH} \cdot D_{SH} \cdot D_{TH}}$$

$$D_{RH} = \sqrt{(1,45m)^2 + (0,84m)^2} = 1,68m$$

$$D_{SH} = \sqrt{(2m)^2 + (0,84m)^2} = 2,17m$$

$$D_{TH} = \sqrt{(2,55m)^2 + (0,84m)^2} = 2,68m$$

$$DMGH = \sqrt[3]{D_{RH} \cdot D_{SH} \cdot D_{TH}} = \sqrt[3]{1,68m \cdot 2,17m \cdot 2,68m} = 2,14m$$

### *Distancia media geométrica a la imagen hilo de guardia*

$$DMGH' = \sqrt[3]{D'_{RH} \cdot D'_{SH} \cdot D'_{TH}}$$

## Estudios Eléctricos

$$D'_{RH} = \sqrt{(22,75m)^2 + (0,84m)^2} = 22,77m$$

$$D'_{SH} = \sqrt{(22,2m)^2 + (0,84m)^2} = 22,22m$$

$$D'_{TH} = \sqrt{(21,65m)^2 + (0,84m)^2} = 21,67m$$

$$DMGH' = \sqrt[3]{D_{RH} \cdot D_{SH} \cdot D_{TH}} = \sqrt[3]{22,77m \cdot 22,22m \cdot 21,67m} = 22,22m$$

### Cálculo de capacidad

$$C_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln\left(\frac{2 \cdot HMG}{RMG_c} \cdot \frac{DMG}{DMG'}\right)} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} F/m}{\ln\left(\frac{2 \cdot 10,09m}{3,74 \cdot 10^{-3}m} \cdot \frac{1,24m}{20,24m}\right)} = 9,59 nF/km$$

$$C_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln\left(\frac{2 \cdot HMG}{RMG_c} \cdot \left(\frac{DMG'}{DMG}\right)^2\right) - 3 \cdot \frac{\ln^2\left(\frac{DMGH'}{DMGH}\right)}{\ln^2\left(\frac{2 \cdot h_H}{RMG_H}\right)}}$$

$$C_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln\left(\frac{2 \cdot 10,09m}{3,74 \cdot 10^{-3}m} \cdot \left(\frac{29,24m}{1,24m}\right)^2\right) - 3 \cdot \left(\frac{\ln^2\left(\frac{22,22m}{2,14m}\right)}{\ln^2\left(\frac{2,12,1m}{2,57 \cdot 10^{-3}m}\right)}\right)}$$

$$C_0 = 4,24 nF/km$$

### Cálculo de reactancia

$$X_1 = X_2 = \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG \cdot DMG'}\right)$$

$$X_1 = X_2 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2\pi \cdot 50}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 10,09m \cdot 1,24m}{3,74 \cdot 10^{-3}m \cdot 29,24m}\right) = 0,34 \Omega/km$$

$$X_1 = X_2 = 0,34 \Omega/km$$

$$X_0 = \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2\pi} \cdot \left\{ \ln\left[\frac{2 \cdot HMG}{RMG} \cdot \left(\frac{DMG'}{DMG}\right)^2\right] - 3 \cdot \frac{\ln\left(\frac{DMGH'}{DMGH}\right)}{\ln\left(\frac{2 \cdot h_H}{RMG_H}\right)} \right\}$$

## Estudios Eléctricos

$$X_0 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2\pi \cdot 50}{2\pi} \cdot \left\{ \ln \left[ \frac{2 \cdot 10,09m}{3,74 \cdot 10^{-2}m} \cdot \left( \frac{29,24m}{1,24m} \right)^2 \right] - 3 \cdot \frac{\ln^2 \left( \frac{22,22m}{2,14m} \right)}{\ln \left( \frac{2,12,1m}{2,57 \cdot 10^{-2}m} \right)} \right\}$$

$$X_0 = 0,824 \Omega / km$$

### Impedancia característica de la línea

A continuación se definen los parámetros necesarios para el cálculo de la impedancia característica-

$$z = r + jx$$

$$y = g + jb$$

$$r = 0,595 \frac{\Omega}{km}$$

$$g = 0$$

$$x = 0,34 \frac{\Omega}{km}$$

$$c_1 = \frac{9,59nF}{km}$$

$$b = c_1^{-9} = 3,01 \cdot 10^{-6} \frac{\square}{\Omega} \cdot km$$

$$z = 0,685 \frac{\Omega}{km}$$

$$y = 3,01 \cdot 10^{-6}$$

Impedancia característica

$$|Z_0| = \sqrt{\frac{|z|}{|y|}} = 477 \Omega$$

### Potencia natural de la línea

Se llama “potencia natural” o “potencia característica” de una línea, a la potencia correspondiente a la impedancia característica  $Z_0$ . Transportando su potencia natural, la línea funcionará con factor de potencia constante en todos sus puntos, no habiendo en ella onda reflejada.

Siendo:  $U = 33kV$

La potencia natural será:

## Estudios Eléctricos

$$P_n = \frac{U^2}{|Z_0|} = \frac{(33kV)^2}{477\Omega} = 2,3MW$$

# Estudios Eléctricos

Potencia máxima por límite térmico del conductor

Siendo:

$$I_{max} = 195A$$

$$U = 33kV$$

$$\cos\varphi = 0,85$$

La potencia máxima de transporte por límite térmico será:

$$P_{max} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{max} \cdot \cos\varphi$$

$$P_{max} = 9,5MW$$

## Momento eléctrico

El momento eléctrico permite determinar, de forma fácil y aproximada, la potencia de transporte, la pérdida de ésta y la potencia que podrá ser transmitida.

El momento eléctrico es el producto de la potencia a transmitir por una longitud.

$$M = P \cdot l$$

La máxima caída de tensión admisible para un sistema de distribución de 33kV será:

$$u_m = 5\%$$

## Salida 6

$$U = 33kV$$

$$r = 0,595 \frac{\Omega}{km}$$

$$x = 0,34 \frac{\Omega}{km}$$

$$\varphi = 32^\circ$$

$$l = 9,4km$$

$$M = \frac{u}{100} \cdot \frac{U^2}{r + x \cdot \operatorname{tg}\varphi} \quad p\% = \frac{100 \cdot r \cdot P}{U^2 \cdot \cos^2\varphi}$$

## Estudios Eléctricos

Para  $u_m = 5\%$ :

$$M = \frac{5\%}{100} \cdot \frac{(33kV)^2}{0,595 \frac{\Omega}{km} + 0,34 \frac{\Omega}{km} \cdot \text{tg}(32)} = 67,4 MW \cdot km$$

$P = 7,2 MW$

$$p\% = \frac{100 \cdot 0,595 \frac{\Omega}{km} \cdot 7,2 MW \cdot 9,4 km}{([33kV])^2 \cdot \cos^2 32} = 5,14\%$$

Salida 15

$$U = 33kV$$

$$r = 0,595 \frac{\Omega}{km}$$

$$x = 0,34 \frac{\Omega}{km}$$

$$\varphi = 32^\circ$$

$$l = 7,8 km$$

$$M = \frac{u}{100} \cdot \frac{U^2}{r + x \cdot \text{tg} \varphi} \quad p\% = \frac{100 \cdot r \cdot P}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

Para  $u_m = 5\%$ :

$$M = \frac{5\%}{100} \cdot \frac{(33kV)^2}{\left(0,595 \frac{\Omega}{km} + 0,34 \frac{\Omega}{km} \cdot \text{tg}(32)\right)} = 67,4 MW \cdot km$$

$P = 8,65 MW$

$$p\% = \frac{100 \cdot 0,595 \frac{\Omega}{km} \cdot 8,65 MW \cdot 7,8 km}{([33kV])^2 \cdot \cos^2 32} = 5,1\%$$

## Caída de tensión y pérdida de potencia

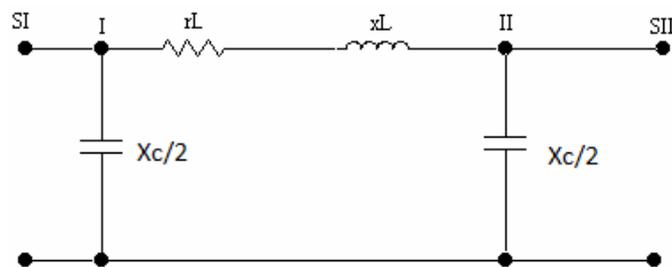
### SALIDA 15

$$R = r_c \cdot l = 0,595 \Omega / km \cdot 9,8 km = 5,83 \Omega$$

$$X = x_1 \cdot l = 0,34 \Omega / km \cdot 9,8 km = 3,33 \Omega$$

$$B = b \cdot l = 3,01 \cdot 10^{-6} \frac{S}{\Omega} \cdot km \cdot 9,8 km = 29,5 \cdot 10^{-6} S$$

$$X_c = \frac{1}{B_t} = \frac{1}{29,5 \cdot 10^{-6} S} = 33,9 \cdot 10^3 \Omega$$



Se sustituye la capacidad uniformemente repartida a lo largo de la línea por otras dos de la mitad de valor situadas en los extremos de la misma, es decir, se considera su admitancia repartida en dos partes iguales.

### Valores base

$$V_b = 33 kV$$

$$S_b = 10 MVA$$

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{(33 kV)^2}{10 MVA} = 108,9 \Omega$$

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot V_b} = \frac{10 MVA}{\sqrt{3} \cdot 33 kV} = 175 A$$

### Valores por unidad

## Estudios Eléctricos

$$v_{II} = \frac{33kV}{33kV} = 1[pu]$$

$$p_{II} = \frac{P}{S_b} = \frac{8,48MW}{10MVA} = 0,85[pu]$$

$$q_{II} = \frac{Q}{S_b} = \frac{5,3MVar}{10MVA} = 0,53[pu]$$

$$x_c = \frac{X_c}{2 \cdot Z_b} = \frac{33,9 \cdot 10^3 \Omega}{2 \cdot 108,9 \Omega} = 156[pu]$$

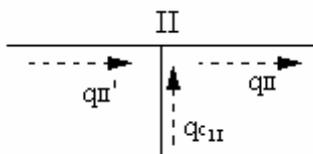
$$r = \frac{R}{Z_b} = \frac{5,83 \Omega}{108,9 \Omega} = 0,054[pu]$$

$$x = \frac{X}{Z_b} = \frac{3,33 \Omega}{108,9 \Omega} = 0,034[pu]$$

El aporte de capacidad  $X_{c2}$  a la barra II es:

$$q_{c2} = \frac{V_{II}^2}{x_c} = \frac{1pu}{156pu} = j0,0064$$

**Balace de potencia en barra II**



$$q'_{II} + q_{c2} = q_{II} \rightarrow q'_{II} = q_{II} - q_{c2} = 0,53 - j0,0064 = 0,523[pu]$$

$$v_I = v_{II} + \left( \frac{p_{II} \cdot r + q_{II} \cdot x}{v_{II}^*} \right) + j \left( \frac{p_{II} \cdot x - q_{II} \cdot r}{v_{II}^*} \right)$$

## Estudios Eléctricos

$$v_I = 1 + \left( \frac{0,85 \cdot 0,054 + j0,523 \cdot 0,031}{1} \right) + j \left( \frac{0,85 \cdot 0,034 - 0,523 \cdot 0,054}{1} \right)$$

$$v_I = 1,062 + j0,00066$$

$$\Delta v = v_I - v_{II} = (1,062 + j0,00066) - 1 = 0,062 + j0,00066 = 0,06 \angle 0,6^\circ$$

**Cálculo de la corriente**

$$i'_{II} = \frac{p_{II} - jq_{II}}{v_{II}^*} = 0,85 - j0,523 = 0,99 \angle -31,6^\circ$$

**Cálculo de las pérdidas de potencia**

$$s_p = i'_{II}{}^2 \cdot r = 0,99^2 \cdot 0,054 = 0,053 [pu]$$

$$s_q = i'_{II}{}^2 \cdot x = 0,99^2 \cdot 0,034 = 0,033 [pu]$$

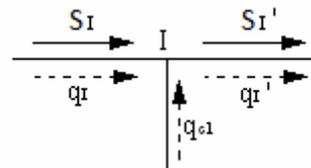
$$s_p = P_p - jQ_p = (0,053 - j0,033) [pu]$$

**Balance de Potencia en la Barra I:**

$$s'_I = s'_I + s_p = [(0,85 - j0,523) + (0,053 - j0,033)] = 0,797 - j0,556 [pu]$$

El aporte de capacidad  $X_{c1}$  a la barra I:

$$q_{c1} = \frac{v_I^2}{x_c} = \frac{1,062^2}{156} = j0,0068$$



$$s'_I = s_I + q_{c1} \rightarrow s_I = s'_I - q_{c1} = [(0,797 - j0,556) - (j0,0068)]$$

$$s_I = 0,797 - j0,549 [pu]$$

$$s_I = 0,97 \angle -34^\circ$$

**Valores Reales:**

$$V_I = u_I \cdot V_B = 1,062 \angle 0,035^\circ \cdot 33kV = 35,046 \angle 0,035^\circ kV$$

$$S_I = s_I \cdot S_B = 0,97 \angle -34^\circ \cdot 10MVA = 9,7 \angle -35^\circ MVA$$

$$S_I = 8,04 - j5,42 MVA$$

$$\Delta V = \Delta u \cdot V_B = 0,06 \angle 0,6^\circ \cdot 33kV = 1,98kV$$

$$S_p = s_p \cdot S_B = (0,053 - j0,033) \cdot 10MVA = 0,53 - j0,33 MVA$$

# Estudios Eléctricos

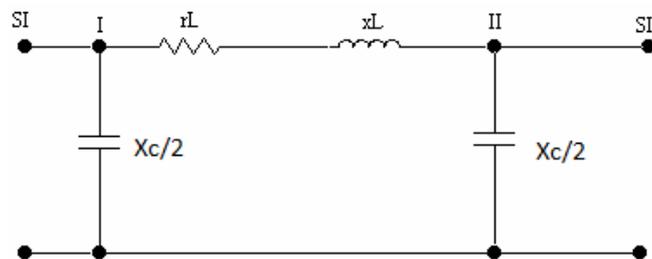
## SALIDA 6

$$R = r_c \cdot l = 0,595 \frac{\Omega}{km} \cdot 11km = 6,55\Omega$$

$$X = x_1 \cdot l = 0,34 \frac{\Omega}{km} \cdot 11km = 3,74\Omega$$

$$B = b \cdot l = 3,01 \cdot 10^{-6} \frac{S}{km} \cdot 11km = 33,1 \cdot 10^{-6} S$$

$$X_c = \frac{1}{B_t} = \frac{1}{33,1 \cdot 10^{-6} S} = 30,2 \cdot 10^3 \Omega$$



Se sustituye la capacidad uniformemente repartida a lo largo de la línea por otras dos de la mitad de valor situadas en los extremos de la misma, es decir, se considera su admitancia repartida en dos partes iguales.

### Valores base

$$V_b = 33kV$$

$$S_b = 10MVA$$

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{(33kV)^2}{10MVA} = 108,9\Omega$$

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot V_b} = \frac{10MVA}{\sqrt{3} \cdot 33kV} = 175A$$

### Valores por unidad

$$v_{II} = \frac{33kV}{33kV} = 1[pu]$$

$$p_{II} = \frac{P}{S_b} = \frac{8,48MW}{10MVA} = 0,85[pu]$$

## Estudios Eléctricos

$$q_{II} = \frac{Q}{S_b} = \frac{5,3 \text{ MVar}}{10 \text{ MVA}} = 0,53 [\text{pu}]$$

$$x_c = \frac{X_c}{2 \cdot Z_b} = \frac{30,2 \cdot 10^3 \Omega}{2 \cdot 108,9 \Omega} = 138,6 [\text{pu}]$$

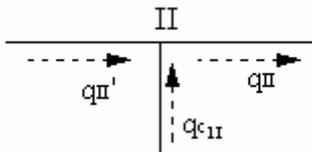
$$r = \frac{R}{Z_b} = \frac{6,55 \Omega}{108,9 \Omega} = 0,06 [\text{pu}]$$

$$x = \frac{X}{Z_b} = \frac{3,74 \Omega}{108,9 \Omega} = 0,037 [\text{pu}]$$

El aporte de capacidad  $X_{c2}$  a la barra II es:

$$q_{c2} = \frac{V_{II}^2}{x_c} = \frac{1 \text{ pu}}{138,6 \text{ pu}} = 0,0072 [\text{pu}]$$

### Balance de potencia en barra II



$$q'_{II} + q_{c2} = q_{II} \rightarrow q'_{II} = q_{II} - q_{c2} = 0,53 - j0,0072 = 0,52 [\text{pu}]$$

$$v_I = v_{II} + \left( \frac{p_{II} \cdot r + q_{II} \cdot x}{v_{II}^*} \right) + j \left( \frac{p_{II} \cdot x - q_{II} \cdot r}{v_{II}^*} \right)$$

$$v_I = 1 + \left( \frac{0,85 \cdot 0,06 + 0,52 \cdot 0,037}{1} \right) + j \left( \frac{0,85 \cdot 0,037 - 0,52 \cdot 0,06}{1} \right)$$

$$v_I = (1,07 + j0,00025) [\text{pu}]$$

$$\Delta_v = v_I - v_{II} = (1,07 + j0,00025) - 1 = 0,07 + j0,00025 = 0,07 \angle 0,17^\circ$$

### Cálculo de la corriente

## Estudios Eléctricos

$$i'_{II} = \frac{p_{II} - jq_{II}}{V_{II}^*} = 0,85 - j0,52 = 0,99 \angle -31,4^\circ$$

**Cálculo de las pérdidas de potencia**

$$p_p = i'_{II}{}^2 \cdot r = 0,99^{2 \cdot 0,06} = 0,059 \text{ pu}$$

$$p_q = i'_{II}{}^2 \cdot x = 0,99^{2 \cdot 0,037} = 0,036 \text{ pu}$$

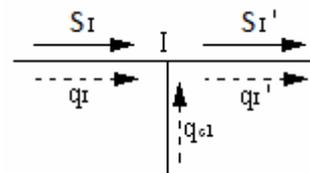
$$s_p = p_p - jp_q = (0,059 - j0,036) \text{ pu}$$

**Balance de Potencia en la Barra I:**

$$s'_I = s'_{II} + s_p = [(0,85 - j0,52) + (0,059 - j0,036)] = 0,791 - j0,556 [\text{pu}]$$

El aporte de capacidad  $X_{c1}$  a la barra I:

$$q_{c1} = \frac{V_I^2}{x_c} = \frac{1,07 \text{ pu}}{138,6 \text{ pu}} = j0,0077$$



$$s'_I = s_I + q_{c1} \rightarrow s_I = s'_I - q_{c1} = [(0,797 - j0,556) - (j0,0077)]$$

$$s_I = 0,797 - j0,564 [\text{pu}]$$

$$S_I = 0,97 \angle -35^\circ$$

**Valores Reales:**

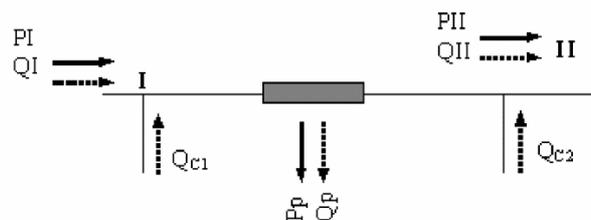
$$V_I = u_I \cdot V_b = 1,07 \angle 0,035^\circ \cdot 33 \text{ kV} = 35,3 \angle 0,035^\circ \text{ kV}$$

$$S_I = s_I \cdot S_b = 0,97 \angle -34^\circ \cdot 10 \text{ MVA} = 9,7 \angle -35^\circ \text{ MVA}$$

$$S_I = 8,04 - j5,42 \text{ MVA}$$

$$\Delta V = \Delta u \cdot V_b = 0,07 \angle 0,17^\circ \cdot 33 \text{ kV} = 2,31 \text{ kV}$$

$$S_p = s_p \cdot S_b = (0,059 - j0,036) \cdot 10 \text{ MVA} = 0,59 - j0,36 \text{ MVA}$$



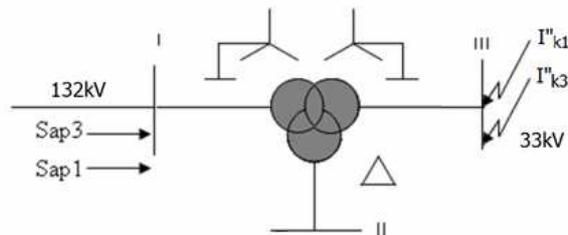
## Cálculo de Cortocircuito en Central 2

Para el cálculo de cortocircuito en la barra de salida de 33kV ubicada en Central 2, que alimenta la Salida 6 y la Salida 15, se harán las siguientes consideraciones:

En primer lugar se tomará, como alimentador a la barra de 33kV, un transformador de 30MVA cuyas características de impedancia son conocidas.

Se supone que el aporte de potencia aguas arribas de dicho transformador es infinito, ya que no se cuenta con tal información.

El esquema simplificado para este modelo será entonces:



Se adopta  $S_b = 10\text{MVA}$

Con estos valores se procede a realizar los cálculos. Despreciaremos las impedancias propias de los conductores en la estación transformadora ya que sus valores no serán significativos.

Los valores de reactancia del transformador, para el circuito equivalente en estrella, son:

$$X_{I\%} = \frac{X_{I-II} + X_{I-III} - X_{II-III}}{2} = \frac{20,4\% + 13,2\% - 7,2\%}{2} = 13,2\%$$

$$X_{II\%} = \frac{X_{I-II} + X_{II-III} - X_{I-III}}{2} = \frac{20,4\% + 7,2\% - 13,2\%}{2} = 7,2\%$$

$$X_{III\%} = \frac{X_{I-III} + X_{II-III} - X_{I-II}}{2} = \frac{13,2\% + 7,2\% - 20,4\%}{2} = 0\%$$

Valores en p.u.

$$X_I = \frac{X_{I\%} \cdot S_b}{100 \cdot S_e} = \frac{13,2\% \cdot 10MVA}{100 \cdot 30MVA} = 0,044 p.u.$$

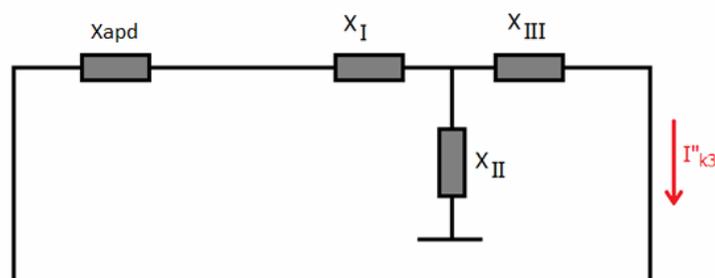
$$X_{II} = \frac{X_{II\%} \cdot S_b}{100 \cdot S_e} = \frac{7,2\% \cdot 10MVA}{100 \cdot 30MVA} = 0,024 p.u.$$

$$X_{III} = \frac{X_{III\%} \cdot S_b}{100 \cdot S_e} = \frac{0\% \cdot 10MVA}{100 \cdot 30MVA} = 0 p.u.$$

## Cortocircuito en barra de 33kV – Central 2

Se calcula el Cortocircuito en barras de 33kV de la estación transformadora, para ello el esquema equivalente será el siguiente:

**Secuencia Directa**

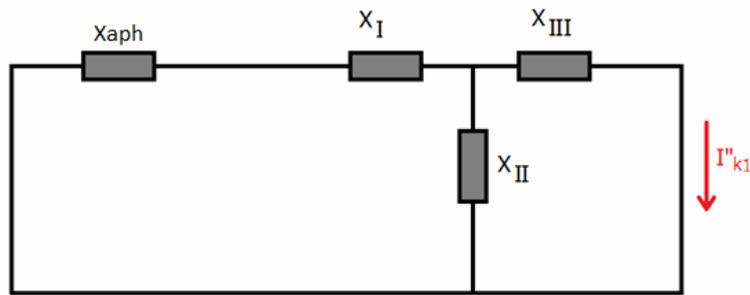


Donde  $X_{apd} = 0$

$$Z_D = 0 + 0,044 + 0 = 0,044 p.u.$$

**Secuencia Homopolar**

## Estudios Eléctricos



Donde  $X_{aph} = 0$

$$Z_1 = 0 + 0,044 = 0,044 p. u.$$

$$Z_{ho} = \frac{0,044 \cdot 0,024}{0,044 + 0,024} = 0,0155 p. u.$$

$$S_{cc2} = \frac{1,1 \cdot S_b}{Z_D} = \frac{1,1 \cdot 10}{0,044} = 250 MVA$$

$$[I'']_{k3} = (S_{cc13}) / (\sqrt{3} \cdot U_{1l}) = 250 MVA / (\sqrt{3} \cdot 33 kV) = 4,37 kA$$

$$S_{cc1} = \frac{3,1 \cdot 1,1 \cdot S_b}{Z_D + Z_I + Z_{ho}} = \frac{3,3 \cdot 10}{2,044 + 0,0155} = 318,8 MVA$$

$$[I'']_{k1} = (S_{cc11}) / (\sqrt{3} \cdot U_{1l}) = 318,8 MVA / (\sqrt{3} \cdot 33 kV) = 5,57 kA$$

### Análisis de flujo de potencia

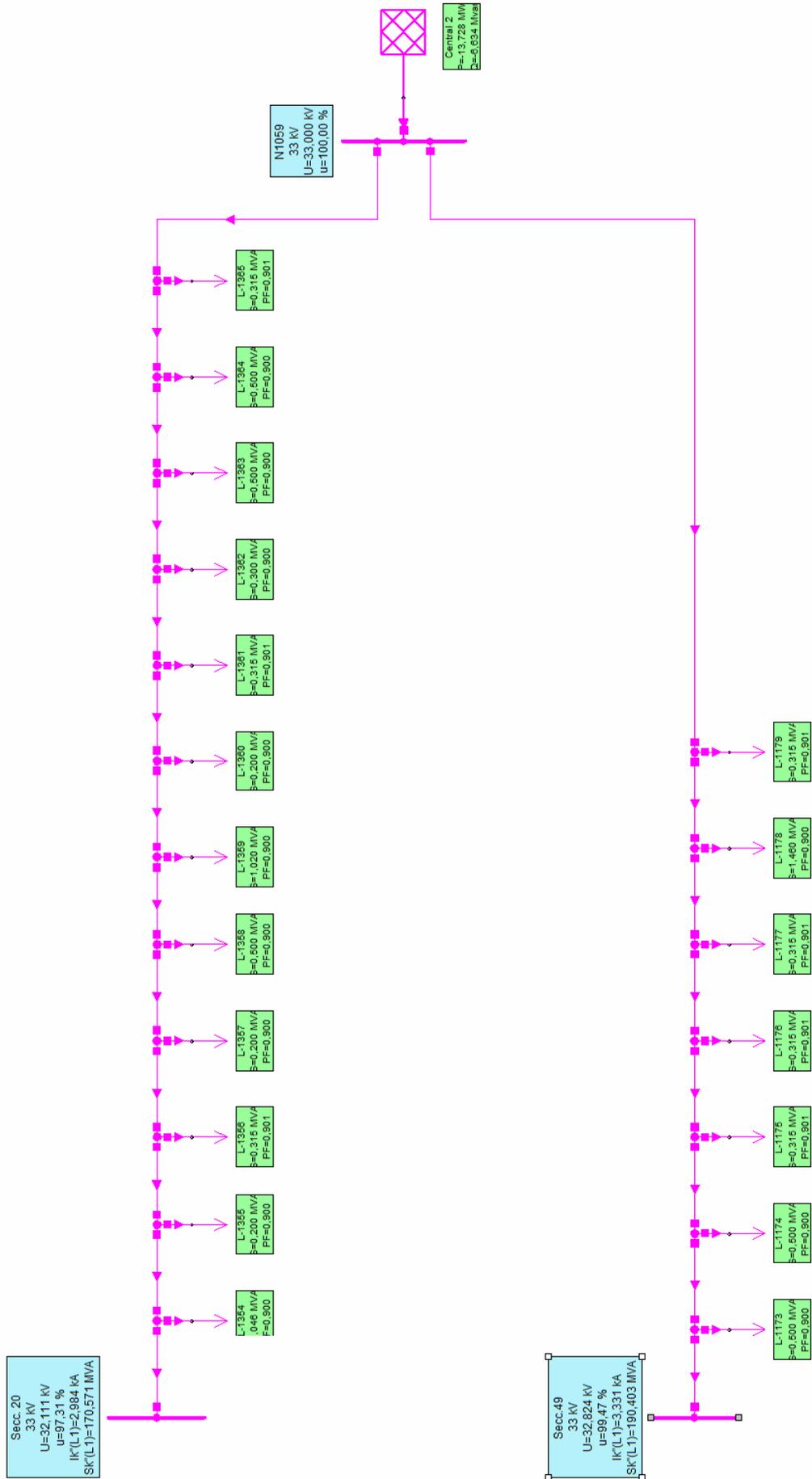
Con los valores de potencias de cortocircuito anteriormente calculados se realiza el modelo de las líneas "Salida 6" y "Salida 15" mediante la utilización del Software NEPLAN, desarrollado para tal fin.

En este Software podremos ver, además, los flujos de potencias y los valores de tensiones en los distintos nodos para las diferentes configuraciones de ambas líneas.

Se consideran los tramos de ambas líneas hasta los puntos de interés, esquematizados como barras en Neplan. Dichos puntos son "Seccionador 20" para Salida 15 y "Seccionador 49" para Salida 6. Además en ellos se calcula las corrientes de cortocircuito.

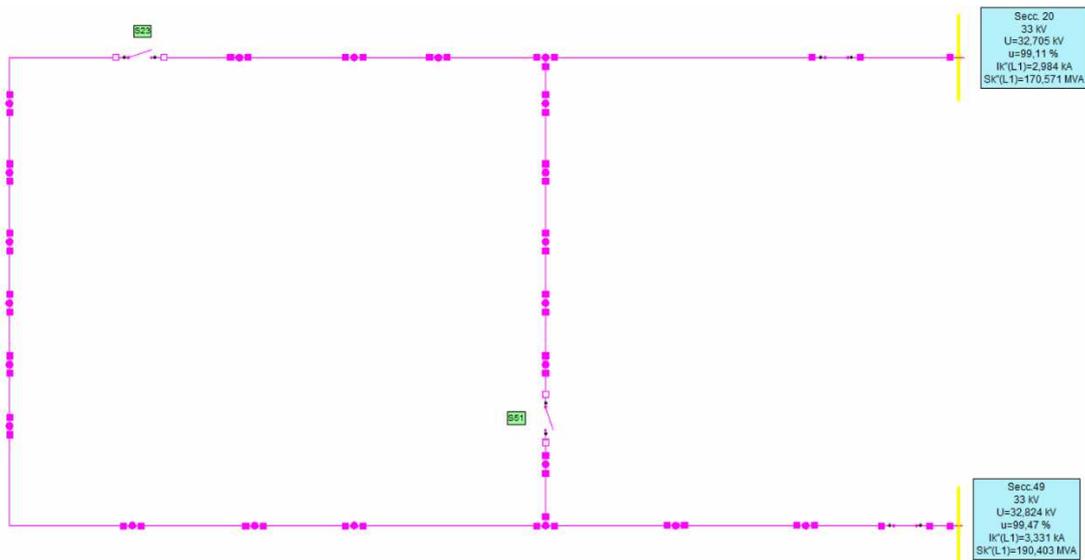
Para la simulación de flujo de potencia se consideran las nuevas líneas con sus actuales cargas nominales.

# Estudios Eléctricos



## Estudios Eléctricos

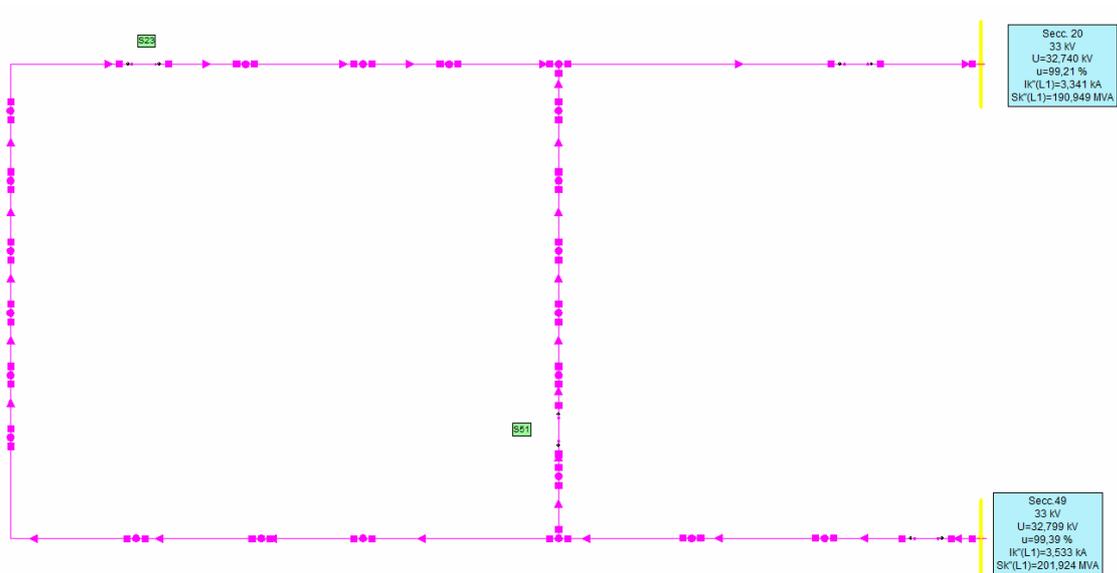
Se calculan la potencia y corriente de cortocircuito en las barras para la configuración con los seccionadores "S23" y "S51" Abiertos.



Barra "Salida 15":  $I_{k3} = 2,98 \text{ kA}$  ;  $S_{k3} = 170,6 \text{ MVA}$

Barra "Salida 6":  $I_{k3} = 3,33 \text{ kA}$  ;  $S_{k3} = 190 \text{ MVA}$

Se calculan la potencia y corriente de cortocircuito en las barras para la configuración con los seccionadores "S23" y "S51" Cerrados.



Salida 15:  $I_{k3} = 3,34 \text{ kA}$  ;  $S_{k3} = 191 \text{ MVA}$

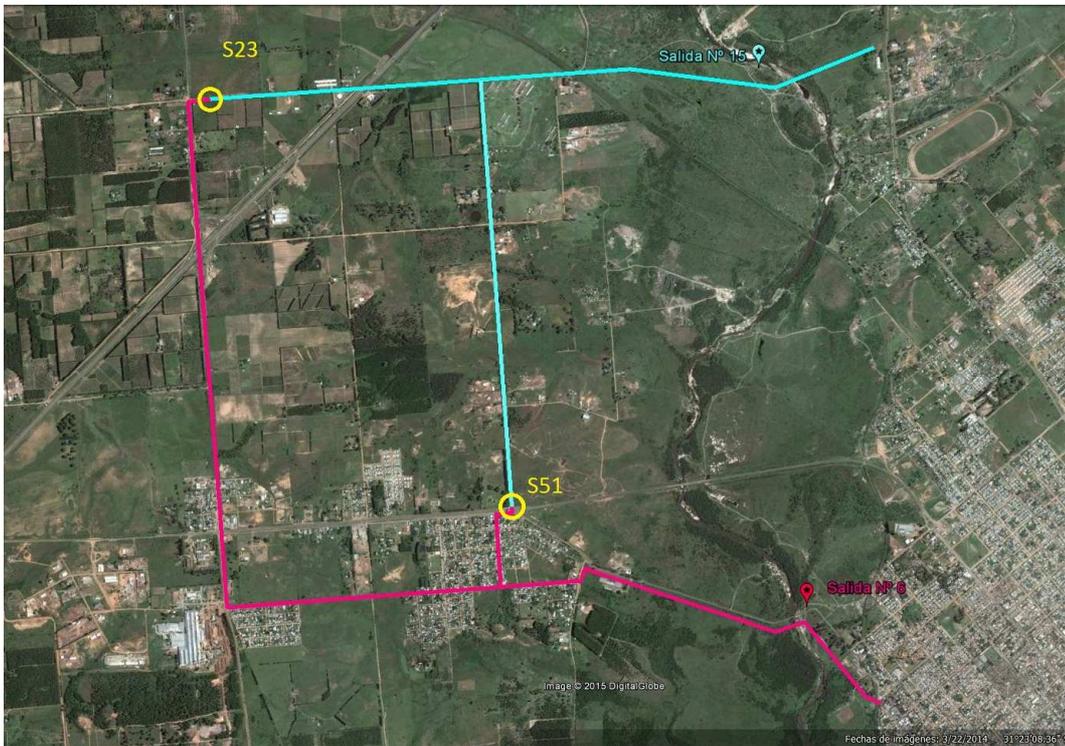
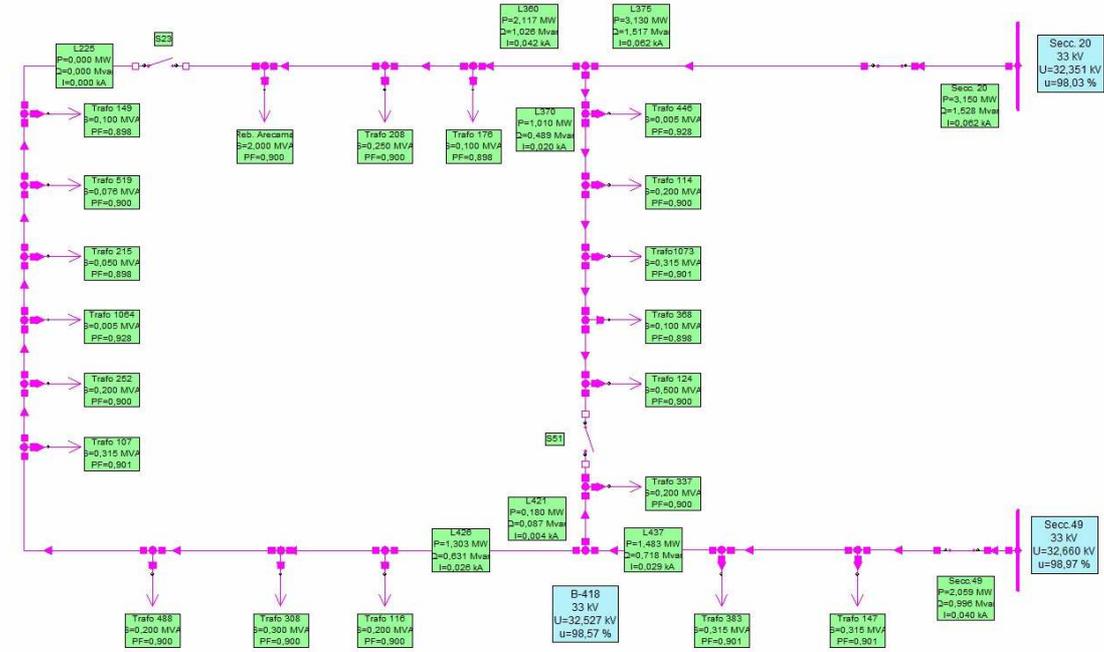
Salida 6:  $I_{k3} = 3,53 \text{ kA}$  ;  $S_{k3} = 202 \text{ MVA}$

# Estudios Eléctricos

Utilizando este modelado se estudian a continuación diferentes configuraciones, analizando en cada caso los flujos de potencia con el fin de determinar las maniobras que favorecen al funcionamiento óptimo de las líneas.

## Situación "A"

Ambas líneas desvinculadas entre sí, y cada una con su correspondiente alimentación desde Central 2.



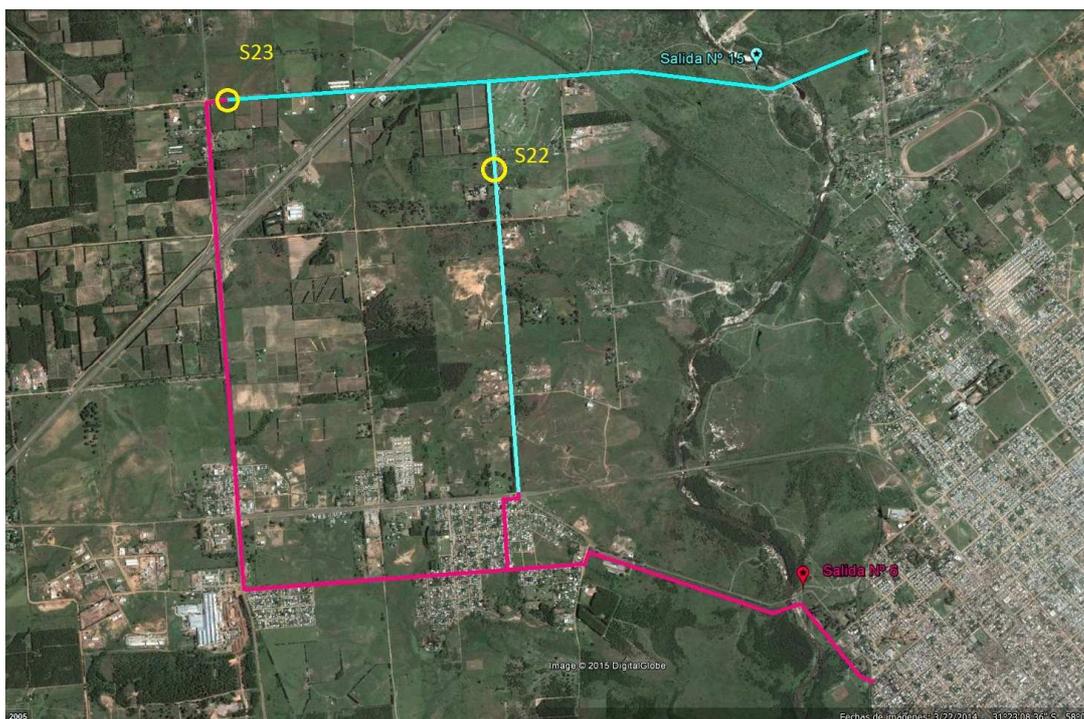
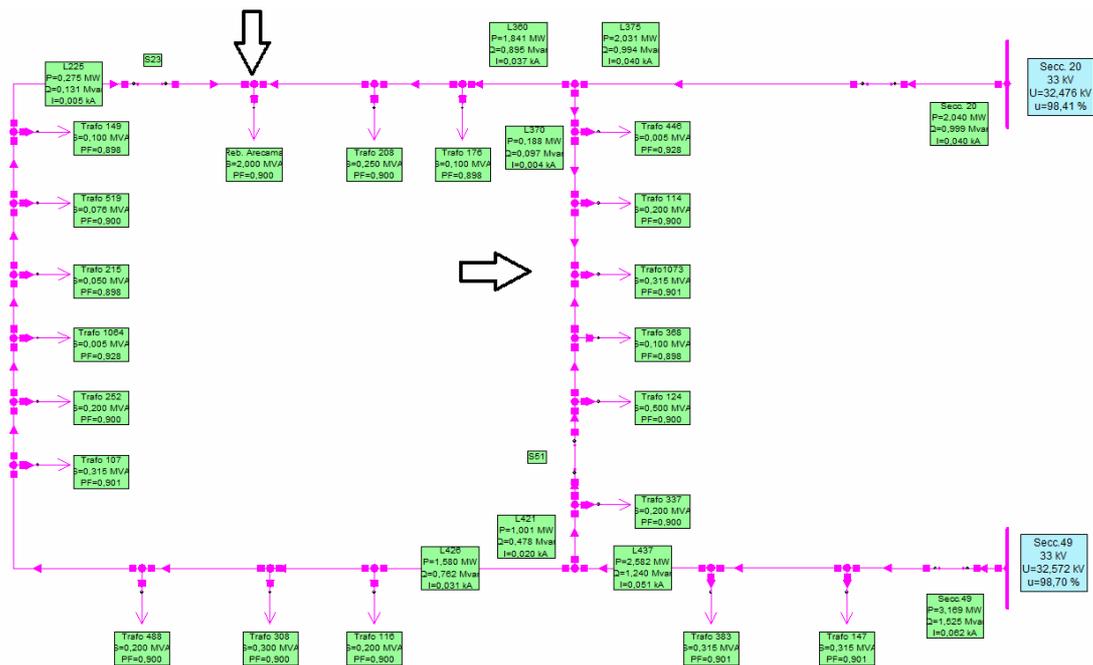
# Estudios Eléctricos

## Situación "B"

Seccionadores "S23" y "S51" cerrados y ambas líneas con su correspondiente alimentación desde Central 2.

En esta configuración vemos los puntos donde se tiene inversión en el sentido de los flujos de potencia, estos puntos serán los recomendables para abrir el anillo.

Los seccionadores más cercanos a los puntos de inversión de flujo son: "S23" y "S22"

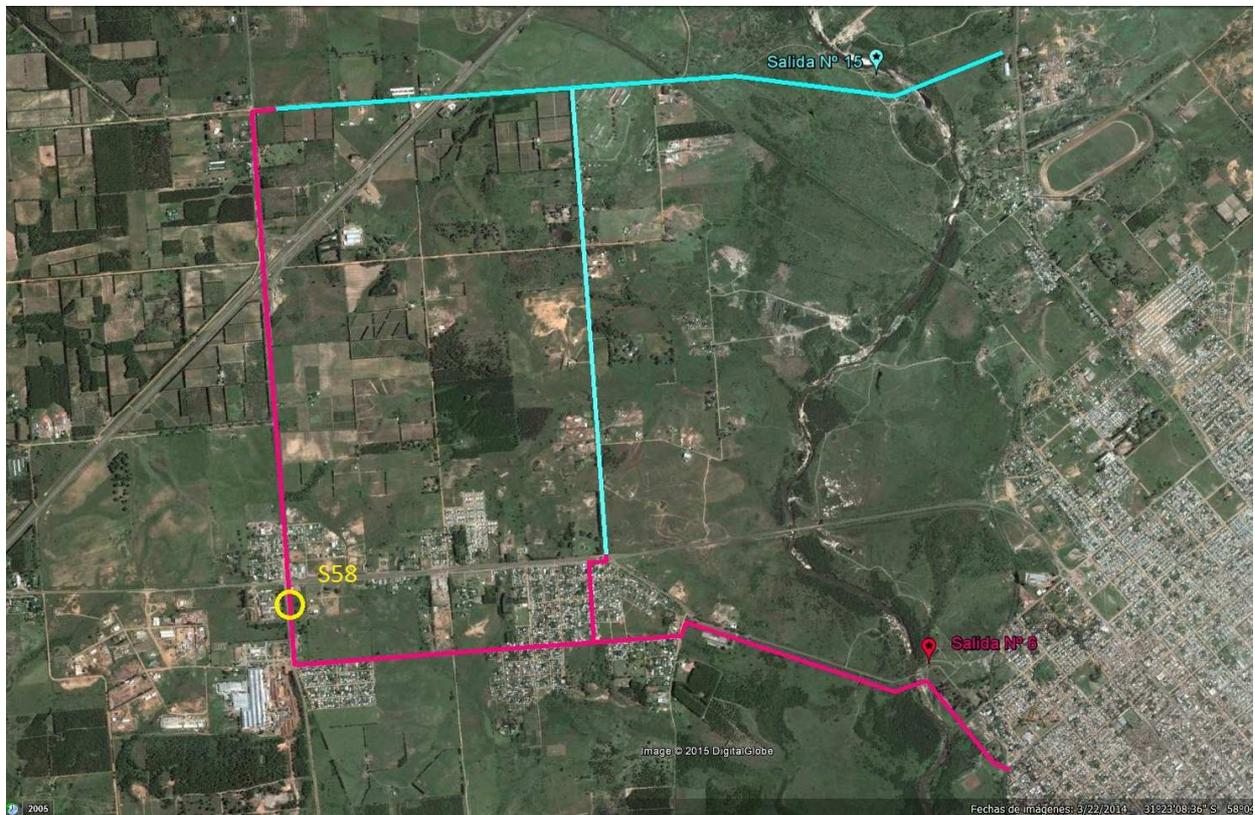
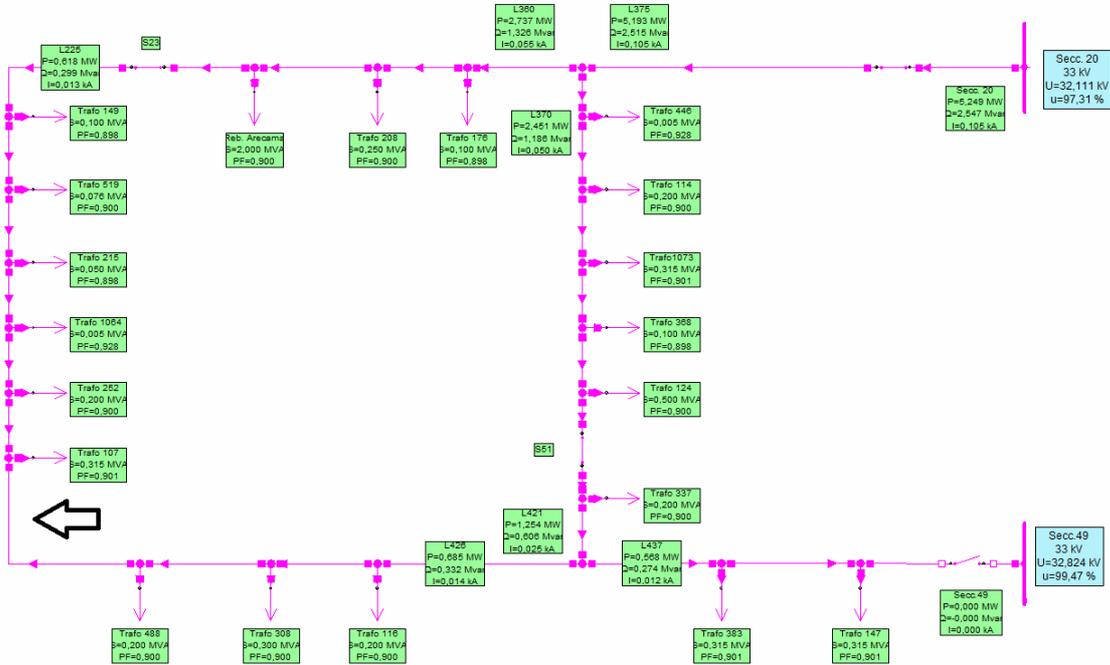


# Estudios Eléctricos

## Situación "C"

Alimentación de todo el cuadrilátero, solo mediante "Salida 15"

En este caso la inversión del flujo de potencia se produce en la cercanía del seccionador "S58", siendo la apertura de éste la más favorable al sistema.

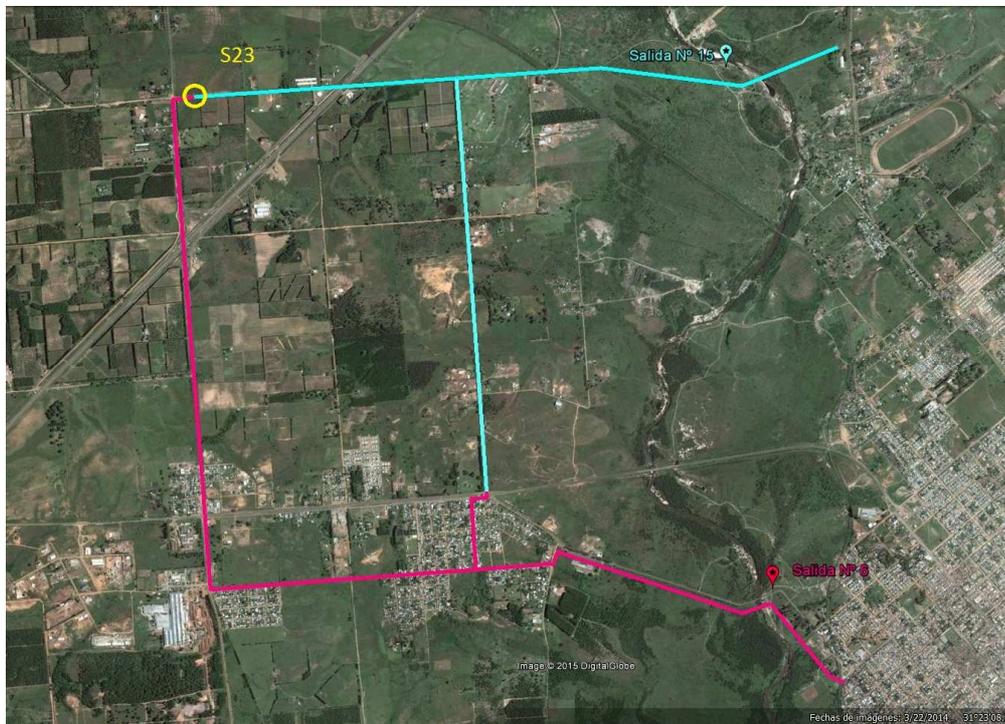
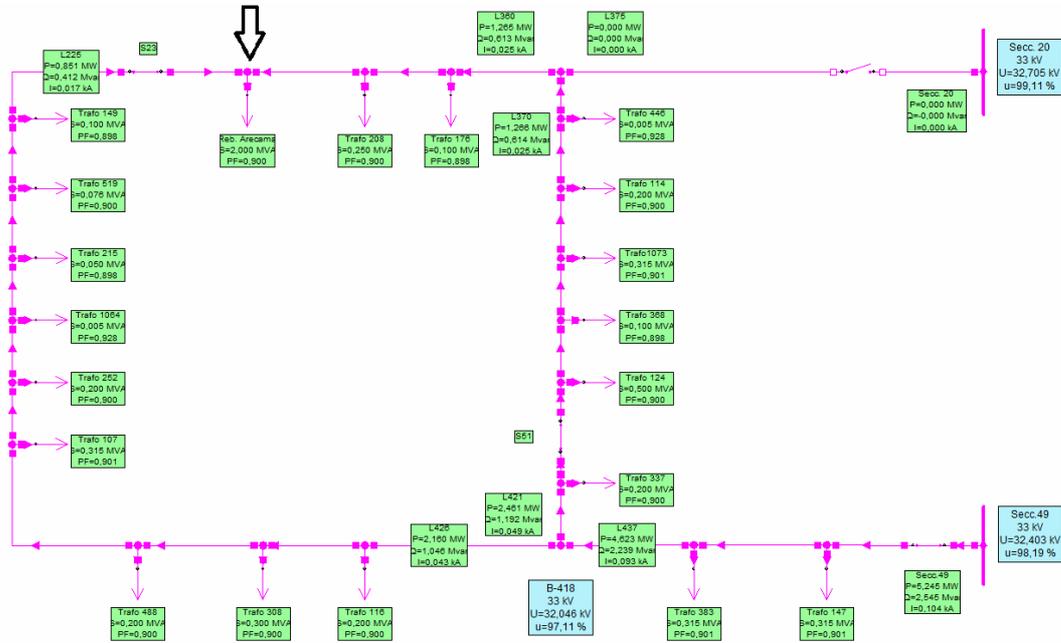


# Estudios Eléctricos

## Situación "D"

Alimentación de todo el cuadrilátero, solo mediante "Salida 6"

En este caso la inversión del flujo de potencia se produce en la cercanía del seccionador "S23", siendo la apertura de éste la más favorable al sistema.



Conclusión:

## Estudios Eléctricos

Como resultado de los estudios de Flujos de Potencia se observa que no se detectaron sobrecargas o caídas de tensión elevadas en ningún caso.