

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

*Servicios Profesionales en Ingeniería Civil*

*Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías*

---

REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL  
SAN FRANCISCO DEL INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR (ICBF),  
REGIONAL PUTUMAYO

MEMORIAS DE CÁLCULO  
ELÉCTRICO

ALEXANDER RUEDA HUACA  
ING. ELECTROMECÁNICO  
TP: CN250 48182

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

## MOCOA – PUTUMAYO 2025

### 1.Objeto:

Diseños eléctricos para a la infraestructura denominada Centro de Desarrollo Infantil San Francisco correspondiente al proyecto de consultoría “REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL SAN FRANCISCO DEL INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR (ICBF), REGIONAL PUTUMAYO

### 1.2 Alcance:

Diseño de red compacta en media tensión a un nivel de voltaje de 13.8KV

Diseño de sub estación tipo poste con transformador trifásico de 75 KVA de 13.800/227-120 V

Dimensionamiento de equipo de medida

Diseño de cometida trifásica subterránea para red de uso final y red trifásica subterránea para bomba del sistema contra incendios

Dimensionamiento de distribución general,

Dimensionamiento de tableros auxiliares y acometidas parciales

Diseño del sistema de iluminación general y de fuerza

### 1.3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

|                                           |               |
|-------------------------------------------|---------------|
| Factor de potencia de la carga            | 0.9 inductivo |
| Factor de demanda                         | 0.80          |
| Regulación primaria en operación normal   | 3 % máximo    |
| Regulación secundaria en operación normal | 5% máximo     |
| Tensión primaria                          | 13.8 KV       |
| Tensión secundaria                        | 227/120 V     |
| Temperatura ambiente promedio             | 20 °C         |
| Temperatura ambiente mínima               | 10 °C         |
| Temperatura ambiente máxima               | 40 °C         |
| Velocidad máxima del viento               | 80 km/h       |
| Temperatura de operación del cable        | 60 °C         |
| Carga por usuario                         | 60 KVA        |

Tabla 1. Generalidades del proyecto

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

Este trabajo cubrirá los siguientes aspectos:

- Inspección preliminar a la zona objeto de este proyecto.
- Verificación del levantamiento eléctrico de la zona.

Todos los cálculos eléctricos y mecánicos relativos a la línea objeto del presente proyecto, han sido realizados de acuerdo con los criterios de diseño y de construcción de redes aéreas de distribución IPSE CODENSA y las normas RETIE y NTC 2050

## 1. MEMORIAS DE CÁLCULO SEGÚN NUMERAL 10.1 DEL RETIE

### a. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGA INICIALES Y FUTURAS.

El proyecto a construir está compuesto por 1 centro de transformación destinado a un usuario. La carga proyectada se muestra en la siguiente tabla.

| TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL PISO 1 |                                                                                                         |  | CTO | ILUMINACIÓN LED |    |    |    |    | TOMAS NORMAL 120V-150W | TOMAS GFCCI 120V-150W | CARGA W | FP    | CARGA VA | TENSION | I CORRIENTE | I max | PROTECCIÓN | BALANCE DE CARGAS |            |             | CALIBRE DEL CONDUCTOR | DUCTO PVC/EMT |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----|-----------------|----|----|----|----|------------------------|-----------------------|---------|-------|----------|---------|-------------|-------|------------|-------------------|------------|-------------|-----------------------|---------------|
|                                        |                                                                                                         |  |     | 3               | 18 | 24 | 36 | 48 |                        |                       |         |       |          |         |             |       |            | A                 | B          | C           |                       |               |
| TGD                                    | Iluminación: Cuarto eléctrico-Sistema hidroneumático-Depósito de basuras- Lavandería-Lavado de dotación |  | 1   |                 | 3  | 6  |    |    |                        |                       | 198     | 0,95  | 208      | 120     | 1,74        | 2,17  | 1x15       | 208               |            |             | 12 AWG THHN           | 3/4"          |
|                                        | Tomas Lavandería                                                                                        |  |     |                 |    |    |    |    | 2                      | 360                   | 0,95    | 379   | 120      | 3       | 4           | 1x20  |            | 379               |            | 12 AWG THHN | 3/4"                  |               |
|                                        | Tomas Cuarto eléctrico-Bombas                                                                           |  |     |                 |    |    |    | 2  |                        | 360                   | 0,95    | 379   | 120      | 3       | 4           | 1x20  |            |                   | 379        |             | 12 AWG THHN           | 1/2"          |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC1                                                                             |  |     |                 |    |    |    |    |                        | 6570                  | 0,95    | 6916  | 220      | 18      | 23          | 3x40  | 2005       | 2795              | 2116       | 8 AWG THHN  | 1 "                   |               |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC2                                                                             |  |     |                 |    |    |    |    |                        | 8380                  | 0,95    | 8821  | 220      | 23      | 29          | 3x40  | 2632       | 3368              | 2821       | 8 AWG THHN  | 1 "                   |               |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC3                                                                             |  |     |                 |    |    |    |    |                        | 8488                  | 0,95    | 8935  | 220      | 22      | 28          | 3x40  | 2897       | 3368              | 2669       | 8 AWG THHN  | 1 "                   |               |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC4                                                                             |  |     |                 |    |    |    |    |                        | 8488                  | 0,95    | 8935  | 220      | 22      | 28          | 3x40  | 1999       | 2274              | 1772       | 8 AWG THHN  | 1 "                   |               |
|                                        | TABLERO BOMBAS TC5                                                                                      |  |     |                 |    |    |    |    |                        | 4476                  | 0,85    | 5266  | 220      | 14      | 17          | 3x40  | 1755       | 1755              | 1755       | 8 AWG THHN  | 1 "                   |               |
| TABLERO TTA                            |                                                                                                         |  |     |                 |    |    |    |    | 5574                   | 0,95                  | 5867    | 220   | 15       | 19      | 3x40        | 2305  | 1377       | 1857              | 8 AWG THHN | 1 "         |                       |               |
|                                        |                                                                                                         |  |     |                 |    |    |    |    |                        | 42894                 |         | 45706 | 220      | 120     | 150         | 3x120 | 13802      | 15316             | 13369      | 2 AWG THHN  | 2"                    |               |

| CUARTO DE MÁQUINAS |                  |  | CTO | ILUMINACIÓN |    |    |  | TOMAS NORMAL | TOMAS GFCCI 120V- | CARGA W | FP   | CARGA VA | TENSION | I CORRIENTE | I max | PROTECCIÓN | BALANCE DE CARGAS |       |       | CALIBRE DEL CONDUCTOR | DUCTO PVC |
|--------------------|------------------|--|-----|-------------|----|----|--|--------------|-------------------|---------|------|----------|---------|-------------|-------|------------|-------------------|-------|-------|-----------------------|-----------|
|                    |                  |  |     | 18          | 24 | 36 |  |              |                   |         |      |          |         |             |       |            | A                 | B     | C     |                       |           |
| TC-SCI             | BOMBA SCI 25HP   |  |     |             |    |    |  |              |                   | 18650   | 0,85 | 27426    | 220     | 68          | 78    | 3x80       | 9142              | 9142  | 9142  | 2 AWG THHN            | 2         |
|                    | BOMBA JOCKEY 5HP |  |     |             |    |    |  |              |                   | 3730    | 0,85 | 4388     | 220     | 14          | 16    | 3x20       | 1463              | 1463  | 1463  | 12 AWG THHN           | 1         |
|                    | BOMBA DE FONDO   |  |     |             |    |    |  |              |                   | 746     | 0,85 | 878      | 120     | 5           | 6     | 1x20       | 878               |       |       | 12 AWG THHN           | 1/2"      |
|                    |                  |  |     |             |    |    |  |              |                   | 23126   |      | 32692    | 220     | 84          | 97    | 3x100      | 11483             | 10605 | 10605 | 2 AWG THHN            | 2"        |

Tabla 2. Cuadro de cargas

### b. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

El nivel de tensión del proyecto es de 13.8 KV / 227-120 V, por tanto, se usará un nivel de aislamiento para MT con BIL de 110 KV. No se hará un análisis detallado para la coordinación de aislamiento, ya que el área donde se localiza el proyecto presenta un nivel de contaminación insignificante. Sin embargo, se garantizará que los aisladores en la red de media tensión tengan un BIL mínimo de 110 KV (*según certificado de conformidad de producto*). La red de baja tensión será en conductor aislado con aislamiento para 600 V, y por bante

## c. ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO Y FALLA A TIERRA.

Para configurar la fuente de alimentación del circuito, se toma el dato de corriente de cortocircuito trifásico dado por el operador de red (EEP) en el punto de conexión se multiplica por  $\sqrt{3}$  el voltaje nominal, así:

$$MVA (Fuente) = I_{cc3\phi} \times 13.2 \times \sqrt{3} \quad (1)$$

reemplazando en (1) se tiene:

$$MVA (Fuente) = 0.73 \times 13.2 \times \sqrt{3} = 16.69 (MVA)$$

Se realiza cálculo de corriente de corto circuito en el lado de baja tensión para un transformador de 75 KVA, para el dimensionamiento de las protecciones

-Potencia 75 KVA

-Voltaje en el primario 13.200V

-Voltaje en el secundario 227-120V

-Zcc: 3 %

$$I_{nom} = \frac{S_{nom}}{\sqrt{3} * 220V}$$

$$I_{nom} = \frac{75KVA}{1,73 * 220} = 197A$$

$$\text{Factor multiplicador (M)} = \frac{100\%}{Z_{cc} (\%)} = \frac{100\%}{3 (\%)} = 33,33$$

$$I_{cc} = I_{nom}(BT) * M = 197 A * 33,33 = 6,56 KA$$

## d. ANÁLISIS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN.

El propósito de la evaluación del factor de riesgo frente a descargas atmosféricas es establecer la necesidad de utilizar un sistema de protección contra rayos en una estructura dada. La decisión para proteger una estructura o una acometida de servicio contra rayos, será tomada según lo sugiere la NTC 4552-2-2008, así:

1. Identificación del objeto a proteger y sus características.

La estructura a ser protegida es un Centro de Desarrollo Infantil con las siguientes dimensiones, altura máxima = 3,5 m, largo = 50 m, ancho = 27 m.

2. Identificación de los tipos de pérdidas en los objetos y riesgo pertinentes correspondientes. Los riesgos a evaluar en la estructura son:

R1 riesgo de pérdida de vida humana.

R2 riesgo de pérdida del servicio público.

R4 riesgo de pérdidas de valor económico.

Para este estudio solo se tendrá en cuenta las consecuencias por pérdidas de vidas humanas  $R_1$ , ya que son las más representativas.

La evaluación para cada tipo de pérdida se hará así.

$$R_1 = N_D P_A L_1 \quad (1)$$

Dónde:

$N_D$  = Número de eventos peligrosos.

$P_A$  = Probabilidad de daño a seres vivos.

$L_1$  = Pérdidas consecuentes.

## **Cálculo del número de eventos peligrosos ( $N_D$ ).**

El número de eventos peligrosos se tomará como el promedio de descargas sobre la estructura y se calculará según lo estipula la norma NTC 4552-2, así:

$$N_D = DDT x A_d x C_d x 10^{-6} \quad (2)$$

Dónde:

$DDT$  = densidad de rayos a tierra. (Rayos/Km<sup>2</sup>-Año)

$A_d$  = área efectiva de la estructura (m<sup>2</sup>)

$C_d$  = factor de localización de la estructura:

El valor para  $DDT$  se tomará de la Figura A 10 de la NTC 4552-1. Según esta figura para la zona del Municipio de San Francisco (Putumayo) se tiene una  $DDT$  de 1.

El área efectiva se calculará según la ecuación (6) de la NTC 4552-2, así:

$$A_d = LW + 6H(L + W) + 9\pi(H)^2 \quad (3)$$

Dónde:

$L$  = largo de la estructura= 50 m

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil

Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

W = ancho de la estructura=27 m

H = alto de la estructura=3.5 m

Remplazando en (3) se tiene:

$$A_d = 50 \times 27 + 6 \times 3,5(50 + 27) + 9\pi(3,5)^2$$

$$A_d = 3313,36 \text{ m}^2$$

El valor de  $C_d$  se tomará de la tabla 10 de la NTC 4552-2

| Localización relativa                                       | $C_d$ |
|-------------------------------------------------------------|-------|
| Objeto rodeado de objetos o arboles más altos               | 0.25  |
| Objeto rodeado de objetos o arboles de igual o menor altura | 0.5   |
| Objeto aislado: sin objetos en la vecindad                  | 1     |
| Objeto aislado: en la cima de una colina o elevación        | 2     |

Tabla 3. Tabla F.1. Valores para  $C_d$  (tomado de norma NTC 4552-2)

Según esta tabla el valor para  $C_d$  es de 0.5. Remplazando en la ecuación (2) se tiene:

$$N_D = 1 \times 3313,36 \times 0,5 \times 10^{-6}$$

$$N_D = 1,65 \times 10^{-3}$$

## Cálculo de probabilidad de daño ( $P_A$ ).

Para determinar este valor se tomará como referencia la tabla 14 de la NTC 4552-2. Las medidas de protección adoptadas en la estructura son:

| Medida de Protección                                                                                                                     | $P_A$     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Sin medida de protección                                                                                                                 | 1         |
| Aislamiento eléctrico de bajantes (Ej. Al menos 3mm de polietileno)                                                                      | $10^{-2}$ |
| Equipotencialización efectiva del suelo                                                                                                  | $10^{-2}$ |
| Avisos de advertencia                                                                                                                    | $10^{-1}$ |
| Nota: si más de una medida de protección he sido tomada, el valor de $P_A$ es producto de los valores correspondientes según esta tabla. |           |

Tabla 4. Tabla F.2. Valores para  $P_A$  (tomado de norma NTC 4552-2)

Al calcular el producto de estas probabilidades se tiene:

$$P_A = 1 \quad (4)$$

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

## Cálculo de cantidad de pérdidas ( $L_1$ ).

La cantidad de pérdidas se calcularán así:

$$L_1 = \left(\frac{n_p}{n_t}\right) \left(\frac{t_p}{8760}\right) \quad (5)$$

Dónde:

$n_p$  = número posible de personas en peligro=300

$n_t$  = número total de personas esperadas en la estructura=200

$t_p$  = tiempo en horas al año de permanencia de las personas en el lugar peligroso=2920

Remplazando en (5) se tiene:

$$L_1 = \left(\frac{300}{200}\right) \left(\frac{2920}{8760}\right)$$

$$L_1 = 0,5$$

Remplazando estos resultados en la ecuación (1) se tiene:

$$R_1 = N_D P_A L_1$$

$$R_1 = 1,65 \times 10^{-3} \times 1 \times 0,5$$

$$R_1 = 8,2 \times 10^{-4}$$

En la siguiente tabla se muestra el valor mínimo para pérdidas humanas estipulado por la NTC 4552-2 y el calculado en este estudio.

| Riesgo                             | Valor                |
|------------------------------------|----------------------|
| Perdidas de vida humana NTC 4552-2 | $1 \times 10^{-5}$   |
| Perdidas de vida humana calculado  | $8,2 \times 10^{-4}$ |

Tabla 5. Valores para el riesgo de pérdidas de vida humana

Para este caso el valor calculado es menor que el valor exigido por la norma, por tanto, no se requiere de un diseño detallado para un sistema de apantallamiento.

## e. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS

Según artículo 9 del RETIE se debe tener en cuenta los criterios de soportabilidad de energía eléctrica para seres humanos, según la figura 9.1 de dicho reglamento.

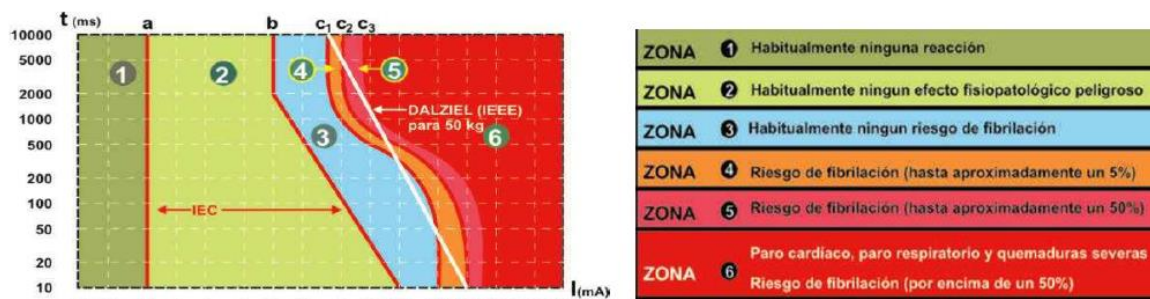


Figura 9.1 Zonas de tiempo/corriente de los efectos de las corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz

Figura 2. Zonas tiempo – corriente. Tomada del RETIE

Según los equipos de protección y aislamiento a utilizar y de acuerdo al nivel de tensión asignado, la instalación se encuentra en la zona 6 (paro cardíaco, paro respiratorio, quemaduras severas, riesgo de fibrilación por encima del 50 %) para lo cual aplica:

- Nivel de frecuencia ocasional, ya que solo se presentará cuando se realice mantenimiento o maniobras (*solo por personal calificado*).
- Nivel de gravedad alta, ya que la exposición a estos niveles de tensión puede producir lesiones mortales.

Para minimizarlo se debe aplicar lo siguiente:

- Aplicar los sistemas de control, minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP.
- Cuando se haga mantenimiento o maniobras, el líder del grupo de trabajo debe diligenciar la ATS y el permiso de trabajo para que sea aprobado por el jefe de área, según los procedimientos establecidos.

Para evaluar el nivel de riesgo se usará la matriz para análisis de riesgos, dada en la tabla 9.3 del RETIE. Los riesgos con más probabilidad de ocurrencia en la instalación a construir y por tanto los que merecen un estudio más detallado son: Arco Eléctrico, contacto directo y contacto indirecto

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

## Arco Eléctrico

|                   |  |  |  |  |  | Electrocución o quemaduras por Arco Eléctrico (al) o (en) RED MT 13.200 V |  |                                                      |  |                            |                          |                                          |  |                                          |  |          |  |             |  |       |  |       |  |          |  |
|-------------------|--|--|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------|--|----------------------------|--------------------------|------------------------------------------|--|------------------------------------------|--|----------|--|-------------|--|-------|--|-------|--|----------|--|
| RIESGO A EVALUAR: |  |  |  |  |  | EVENTO O EFECTO                                                           |  |                                                      |  |                            | FACTOR DE RIESGO (CAUSA) |                                          |  |                                          |  | FUENTE   |  |             |  |       |  |       |  |          |  |
| POTENCIAL         |  |  |  |  |  | X                                                                         |  |                                                      |  |                            |                          | REAL                                     |  |                                          |  |          |  | FRECUCENCIA |  |       |  |       |  |          |  |
| CONSECUENCIAS     |  |  |  |  |  | En personas                                                               |  | Económicas                                           |  | Ambientales                |                          | En la imagen de la empresa               |  |                                          |  | E        |  | D           |  | C     |  | B     |  | A        |  |
|                   |  |  |  |  |  | No ha ocurrido en el sector                                               |  | Ha ocurrido en el sector                             |  | Ha ocurrido en la Empresa  |                          | Sucede varias veces al año en la Empresa |  | Sucede varias veces al mes en la Empresa |  |          |  |             |  |       |  |       |  |          |  |
|                   |  |  |  |  |  | Una o más muertes                                                         |  | Daño grave en infraestructura Interrupción regional. |  | Contaminación irreparable. |                          | Internacional                            |  | 5                                        |  | MEDIO    |  | ALTO        |  | ALTO  |  | ALTO  |  | MUY ALTO |  |
|                   |  |  |  |  |  | Incapacidad parcial permanente                                            |  | Daños mayores, salida de subestación                 |  | Contaminación mayor        |                          | Nacional                                 |  | 4                                        |  | MEDIO    |  | MEDIO       |  | MEDIO |  | MEDIO |  | ALTO     |  |
|                   |  |  |  |  |  | Incapacidad temporal (> 1 día)                                            |  | Daños severos. Interrupción Temporal                 |  | Contaminación localizada   |                          | Regional                                 |  | 3                                        |  | BAJO     |  | MEDIO       |  | MEDIO |  | MEDIO |  | ALTO     |  |
|                   |  |  |  |  |  | Lesión menor (sin incapacidad)                                            |  | Daños importantes Interrupción breve                 |  | Efecto menor               |                          | Local                                    |  | 2                                        |  | BAJO     |  | BAJO        |  | MEDIO |  | MEDIO |  | MEDIO    |  |
|                   |  |  |  |  |  | Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)                           |  | Daños leves, No Interrupción                         |  | Sin efecto                 |                          | Interna                                  |  | 1                                        |  | MUY BAJO |  | BAJO        |  | BAJO  |  | BAJO  |  | MEDIO    |  |

Figura 3. Matriz de riesgo por arco eléctrico

## Contacto directo

| RIESGO A EVALUAR: |                                                 | Electrocución o quemaduras |                                                      | Por                      |                            | Contacto Directo                    |                            | (al) o (en) |   | RED BT 120 V |  |
|-------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------|---|--------------|--|
|                   |                                                 | EVENTO O EFECTO            |                                                      | FACTOR DE RIESGO (CAUSA) |                            | FUEENTE                             |                            |             |   |              |  |
| POTENCIAL         |                                                 | <input type="checkbox"/>   |                                                      | REAL                     |                            | <input checked="" type="checkbox"/> |                            | FRECUCENCIA |   |              |  |
| CONSECUENCIAS     | En personas                                     |                            | Económicas                                           |                          | Ambientales                |                                     | En la imagen de la empresa |             |   |              |  |
|                   | Una o mas muertes                               |                            | Daño grave en infraestructura Interrupción regional. |                          | Contaminación irreparable. |                                     | Internacional              |             | 5 |              |  |
|                   | Incapacidad parcial permanente                  |                            | Daños mayores, salida de subestación                 |                          | Contaminación mayor        |                                     | Nacional                   |             | 4 |              |  |
|                   | Incapacidad temporal (> 1 día)                  |                            | Daños severos. Interrupción Temporal                 |                          | Contaminación localizada   |                                     | Regional                   |             | 3 |              |  |
|                   | Lesión menor (sin incapacidad)                  |                            | Daños importantes interrupción breve                 |                          | Efecto menor               |                                     | Local                      |             | 2 |              |  |
|                   | Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) |                            | Daños leves, No interrupción                         |                          | Sin efecto                 |                                     | Interna                    |             | 1 |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |
|                   |                                                 |                            |                                                      |                          |                            |                                     |                            |             |   |              |  |

Figura 4. Matriz de riesgo por contacto directo.

## Contacto Indirecto

| RIESGO A EVALUAR: |                                                 | Electrocución                                        |                            |                            |   | Por                         | Contacto Indirecto                  |                           |                                          | (al) o (en)                              |  | RED BT 120 V |  |
|-------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|--|--------------|--|
|                   |                                                 | EVENTO O EFECTO                                      |                            |                            |   |                             | FACTOR DE RIESGO                    |                           |                                          |                                          |  | FUENTE       |  |
|                   |                                                 |                                                      |                            |                            |   |                             | (CAUSA)                             |                           |                                          |                                          |  |              |  |
| POTENCIAL         |                                                 | <input type="checkbox"/>                             | REAL                       |                            |   |                             | <input checked="" type="checkbox"/> | FRECUENCIA                |                                          |                                          |  |              |  |
| CONSECUENCIAS     | En personas                                     | Económicas                                           | Ambientales                | En la imagen de la empresa |   | E                           | D                                   | C                         | B                                        | A                                        |  |              |  |
|                   |                                                 |                                                      |                            |                            |   | No ha ocurrido en el sector | Ha ocurrido en el sector            | Ha ocurrido en la Empresa | Sucede varias veces al año en la Empresa | Sucede varias veces al mes en la Empresa |  |              |  |
|                   | Una o mas muertes                               | Daño grave en infraestructura Interrupción regional. | Contaminación irreparable. | Internacional              | 5 | MEDIO                       | ALTO                                | ALTO                      | ALTO                                     | MUY ALTO                                 |  |              |  |
|                   | Incapacidad parcial permanente                  | Daños mayores, salida de subestación                 | Contaminación mayor        | Nacional                   | 4 | MEDIO                       | MEDIO                               | MEDIO                     | MEDIO                                    | ALTO                                     |  |              |  |
|                   | Incapacidad temporal (> 1 día)                  | Daños severos. Interrupción Temporal                 | Contaminación localizada   | Regional                   | 3 | BAJO                        | MEDIO                               | MEDIO                     | MEDIO                                    | ALTO                                     |  |              |  |
|                   | Lesión menor (sin incapacidad)                  | Daños importantes Interrupción breve                 | Efecto menor               | Local                      | 2 | BAJO                        | BAJO                                | MEDIO                     | MEDIO                                    | MEDIO                                    |  |              |  |
|                   | Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) | Daños leves, No Interrupción                         | Sin efecto                 | Interna                    | 1 | MUY BAJO                    | BAJO                                | BAJO                      | BAJO                                     | MEDIO                                    |  |              |  |

Figura 6. Matriz de riesgo por Cortocircuito.

Según los criterios de la tabla 9,3 del RETIE, el nivel de riesgo para la instalación es medio. Para minimizarlo según la tabla 9.4 del RETIE se debe aplicar lo siguiente:

- Aplicar los sistemas de control, minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP. Requiere permisos de trabajo.
- Cuando se haga mantenimiento o maniobras, el líder del grupo de trabajo debe diligenciar la ATS y el permiso de trabajo para que sea aprobado por el jefe de área, según los procedimientos establecidos.

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

## f. ANÁLISIS NIVEL DE Tensión REQUERIDO.

Los equipos a instalar demandaran una potencia de 60 KVA con sistema monofásico y trifásico de 227/120 V, por tanto, se requiere del montaje de un transformador trifásico de 75 KVA de 13.8 KV / 227-120 V.

## g. CALCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.

No se requiere de un estudio detallado de campos electromagnéticos, ya que no se tienen niveles de tensión elevados (13.2 KV) ni corrientes altas, además la frecuencia del sistema es 60 Hz y según estudios los campos electromagnéticos de bajas frecuencias (*menores a 300 Hz*) no son dañinos para los seres vivos.

## h. CALCULO DE TRANSFORMADORES.

Tabla carga total demandada

| CARGA INSTALADA                       |       |    |
|---------------------------------------|-------|----|
| TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN - TGD | 45706 | VA |
| SISTEMA CONTRA INCENDIO 25 HP         | 32692 | VA |
| TOTAL                                 | 78398 | VA |
|                                       |       |    |
| TGD - FACTOR DE USO 60%               | 27424 | VA |
| SISTEMA CONTRA INCENDIO 25 HP         | 32692 | VA |
|                                       | 60116 | VA |
|                                       |       |    |
| TRANSFORMADOR SELECCIONADO            |       |    |
| 75 KVA                                |       |    |

| Centro de transformación | Número de usuarios | VA por usuario | VA Total       | KVA Transformador | % de Carga por trafo |
|--------------------------|--------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------------|
| 1                        | 1                  | 60.11          | 60.11          | 75                | 80,14 %              |
| Total, KVA Instalados    |                    |                | 75             |                   |                      |
| Total, KVA demandados    |                    |                | 60,11 (80,14%) |                   |                      |

Tabla 6. Cálculo de transformadores.

## i. CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Realizando una inspección visual al terreno donde se construirá el proyecto, se observa que este se compone en su gran mayoría de un suelo cultivable y húmedo. En la siguiente tabla se aprecian los valores más típicos de resistividad de suelo según diferentes autores.

| Naturaleza de terreno                                            | Valor medio de resistividad en $\Omega.m$ |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Terreno pantanoso                                                | Menor a 30                                |
| Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos | 50                                        |
| Terraplenes cultivables poco fértiles                            | 500                                       |
| Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables.             | 3000                                      |

Taba 7. Resistividad típica de terrenos.

Para la medición de resistividad de terreno se emplea el método tetraelectródico de Wenner o de los 4 puntos, método que recomienda comúnmente el RETIE en el artículo 15° Sistema de puesta a tierra en el parágrafo 15.5.1 Medición de Resistividad Aparente; el método consiste en enterrar pequeños electrodos tipo varilla en cuatro agujeros en el suelo a una profundidad “b”, espaciados en línea recta a una distancia “a” como se muestra en la siguiente ilustración.

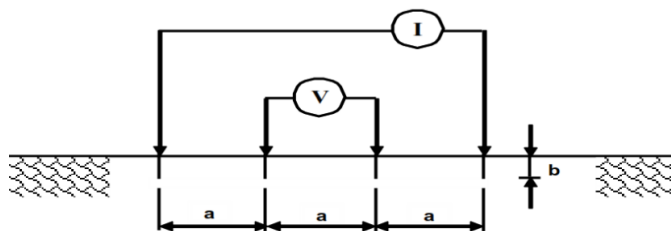


Figura 5. Método de Wenner

Una corriente  $I$  se inyecta entre los dos electrodos externos y el potencial  $V$  entre los dos electrodos internos es medido por el instrumento el cual mide la resistencia calculada  $R=V/I$  del volumen de suelo cilíndrico de radio “a” encerrado entre los electrodos internos. La resistividad aparente del suelo está dada por la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{\left(1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right)}$$

Resistividad aparente

Donde:

$\rho$ : Es la resistividad aparente del suelo en Ohmios metro

$a$ : es la distancia entre electrodos adyacentes a los electrodos en metros

$b$ : es la profundidad de enterramiento de los electrodos en metros

$r$ : es la resistencia eléctrica medida en ohmios, dada por  $V/I$

En la práctica la profundidad de enterramiento “ $b$ ” es mucho menor que la distancia de separación entre estacas “ $a$ ” la ecuación se simplifica así:

$$\rho = 2\pi a R$$

Resistividad simplificada.

Para determinar el cambio de resistividad del suelo se debe medir en diferentes direcciones

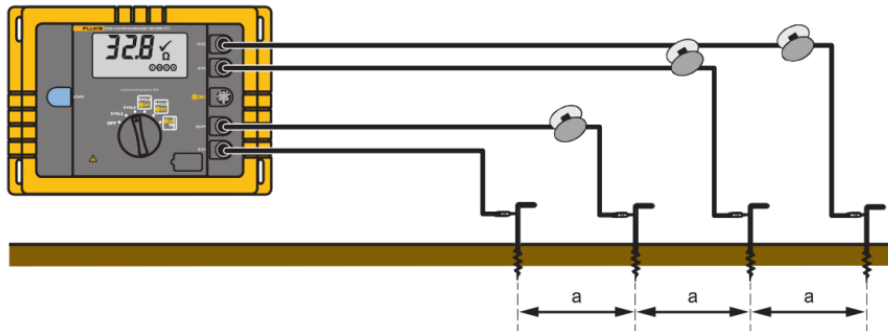


Figura 6. Medición Ra 3 polos

Tomando una resistividad del terreno de  $100\Omega$

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

$R_G$ : resistencia total del sistema ( $\Omega$ )

$\rho$ : resistividad del terreno ( $\Omega m$ ) =  $100\Omega$

$L_T$ : Longitud total de los conductores enterrados (m) =  $28,2m$

$h$ : profundidad de enterramiento del conductor (m) =  $0,6$

$A$ : área cubierta por los conductores ( $m^2$ ) =  $18m^2$

Reemplazando los valores tenemos que  $R_G = 6,73\Omega$ , el valor cumple. Sin embargo, se recomienda verificar la resistencia de puesta a tierra con telurómetro, una vez construida la malla.

## j. CALCULO ECONOMICO DE CONDUCTORES.

El cálculo económico de conductores es un estudio que se realiza con el fin de establecer en términos de dinero las pérdidas de energía debidas a la resistencia propia de cada conductor. Dichas pérdidas son calculadas mediante siguiente fórmula

$$E = R * I_{max}^2 * \Delta t$$

Donde:

**E:** es la energía disipada por el conductor,

**R:** es la resistencia propia del conductor, y se calcula mediante la ecuación

**I<sub>max</sub>:** es la corriente máxima que pasará por el conductor

**Δt:** es el intervalo de tiempo.

$$R = \rho * \frac{l}{S}$$

Donde

**ρ:** es la resistividad eléctrica del material conductor [Ωm]

**l:** es la longitud del circuito [m]

**S:** es la sección transversal del conductor en [mm<sup>2</sup>]

Sustituyendo se tiene:

$$E = \rho * \frac{l}{S} * I_{max}^2 * \Delta t$$

Se deduce que entre mayor sea la resistividad del conductor, mayores serán las pérdidas de energía en el mismo. La norma especifica las resistividades del cobre y el aluminio a 20°C, con los siguientes valores: 18.35x10<sup>-9</sup> Ωm para Cu y 30.3x10<sup>-9</sup> para el aluminio

El cálculo económico se realizará para periodos de una (1) hora, en los diferentes tramos que aplican al proyecto, iniciando en los circuitos de M.T. hasta el transformador; y finalizando en las cometidas parciales de B.T hasta cada tablero o equipo de gran potencia. Finalmente se obtiene la pérdida en \$ por día

$$Pérdida \text{ en } \$ \text{ por día} = 24 * E * \$W$$

Donde \$W es el valor en pesos de cada Wh

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

| TRAYECTO |     | CARGA VA | TENSION | I CORRIENTE | I <sub>max</sub> | CALIBRE CONDUCTOR | Longitud (m) | SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR mm <sup>2</sup> | RESISTIVIDAD DEL CONDUCTOR | TIEMPO (hrs) | VALOR Wh (\$) | Energía disipada Wh | Perdidas \$ por día |
|----------|-----|----------|---------|-------------|------------------|-------------------|--------------|---------------------------------------------------|----------------------------|--------------|---------------|---------------------|---------------------|
| TGD      | TC1 | 6916     | 220     | 18,17       | 22,71            | 8                 | 18           | 8,55                                              | 1,835E-08                  | 1,0          | 0,814         | 19,9                | 389,5               |
| TGD      | TC2 | 8821     | 220     | 23,18       | 28,97            | 8                 | 30           | 8,55                                              | 1,835E-08                  | 1,0          | 0,814         | 54,0                | 1055,9              |
| TGD      | TC3 | 8935     | 220     | 23,48       | 29,35            | 8                 | 25           | 8,55                                              | 1,835E-08                  | 1,0          | 0,814         | 46,2                | 902,8               |
| TGD      | TC4 | 6044     | 220     | 15,88       | 19,85            | 8                 | 54           | 8,55                                              | 1,835E-08                  | 1,0          | 0,814         | 45,7                | 892,3               |
| TGD      | TC5 | 5266     | 220     | 13,84       | 17,30            | 8                 | 8            | 8,55                                              | 1,835E-08                  | 1,0          | 0,814         | 5,1                 | 100,4               |
| TGD      | TTA | 5867     | 220     | 15,42       | 19,27            | 8                 | 8            | 8,55                                              | 1,835E-08                  | 1,0          | 0,814         | 6,4                 | 124,6               |
| TRAFO    | TGD | 42815    | 220     | 112,49      | 140,62           | 2                 | 26           | 46,57                                             | 1,835E-08                  | 1,0          | 0,814         | 202,6               | 3959,9              |
| TRAFO    | TCI | 32692    | 220     | 85,90       | 107,37           | 2                 | 50           | 46,57                                             | 1,835E-08                  | 1            | 0,814         | 227,1               | 4437,5              |

Tabla 11. Cálculo del conductor económico

## K. VERIFICACIÓN DE CONDUCTORES.

A continuación, se presentan las características del conductor y la protección para los circuitos de media y baja tensión.

| TRAYECTO |     | CARGA VA | TENSION | I CORRIENTE | I <sub>max</sub> | CALIBRE CONDUCTOR | CORRIENTE DEL CONDUCTOR | PROTECCIÓN | Factor multiplicador = I <sub>cond</sub> /I <sub>protección</sub> | TIEMPO DE DISPARO (seg) Curva C |                   | TIEMPO DE DISPARO (seg) Curva D |                   |
|----------|-----|----------|---------|-------------|------------------|-------------------|-------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
|          |     |          |         |             |                  |                   |                         |            |                                                                   | 5*I <sub>n</sub>                | 10*I <sub>n</sub> | 10*I <sub>n</sub>               | 20*I <sub>n</sub> |
| TGD      | TC1 | 6916     | 220     | 18          | 23               | 8                 | 40                      | 3x40       | 1,0                                                               | 0,05 -0,8                       | 0,04-0,6          |                                 |                   |
| TGD      | TC2 | 8821     | 220     | 23          | 29               | 8                 | 40                      | 3x40       | 1,0                                                               | 0,05 -0,8                       | 0,04-0,6          |                                 |                   |
| TGD      | TC3 | 8935     | 220     | 23          | 29               | 8                 | 40                      | 3x40       | 1,0                                                               | 0,05 -0,8                       | 0,04-0,6          |                                 |                   |
| TGD      | TC4 | 6044     | 220     | 16          | 20               | 8                 | 40                      | 3x40       | 1,0                                                               | 0,05 -0,8                       | 0,04-0,6          |                                 |                   |
| TGD      | TC5 | 5266     | 220     | 14          | 17               | 8                 | 40                      | 3x40       | 1,0                                                               | 0,05 -0,8                       | 0,04-0,6          |                                 |                   |
| TRAFO    | TGD | 35982    | 220     | 95          | 118              | 2                 | 130                     | 3x100      | 1,3                                                               | 0,05 -0,8                       | 0,04-0,6          |                                 |                   |
| TRAFO    | SCI | 42815    | 220     | 112         | 141              | 2                 | 130                     | 3x100      | 1,3                                                               |                                 |                   | 0,04-0,6                        | 0,03-1,5          |

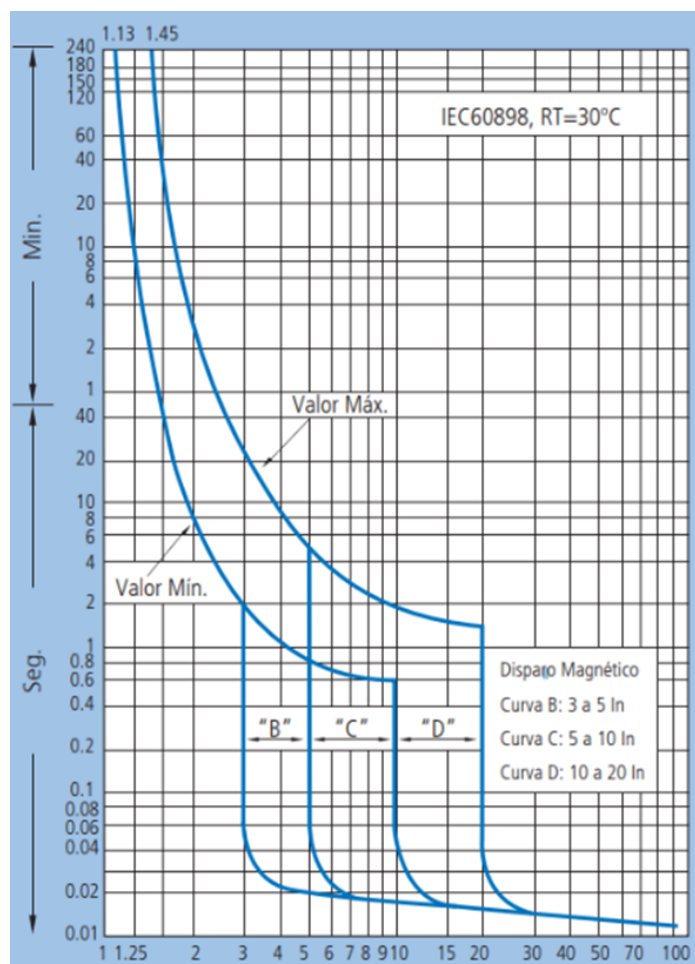
Tabla 9. Verificación de conductores para T1.

Se toma las curvas para el interruptor tipo C que es el interruptor residencial, con un factor de 5 a 10 la corriente nominal. Para el motor eléctrico del sistema contra incendio se toma la curva D de 10 a 20 la corriente nominal

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías



Curvas de disparo – Corriente tiempo

## I. CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS.

### CARACTERÍSTICAS DE LA RED ELÉCTRICA Y TERRENO.

Se construirá un ramal trifásico en media tensión, con una extensión total de 164 m y 4 apoyos de 12 m de alto, más 30 m de acometida trifásica en baja tensión. El terreno donde se construirá es plano, con una altura promedio de 2100 m sobre el nivel del mar.

#### Características del conductor

| Características conductor | Ramal de Media Tensión | Acometida en baja tensión |
|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| Tipo de conductor         | 1/0 AWG                | THHN 2                    |
| Peso                      | 0.30 [kg/m]            | 0.398 [kg/m]              |
| Tensión de rotura         | 980 [Kgf]              | 1291 [Kgf]                |

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

|                           |                            |                            |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Sección                   | 53.5 [mm <sup>2</sup> ]    | 53.5 [mm <sup>2</sup> ]    |
| Módulo de elasticidad     | 8400 [Kg/mm <sup>2</sup> ] | 6200 [Kg/mm <sup>2</sup> ] |
| Coeficiente de dilatación | 0.0000189 [1/°C]           | 0.000023 [1/°C]            |
| Diámetro del conductor    | 0.0101 [m]                 | 0.021 [m]                  |

Tabla 10. Características de los conductores.

## CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura promedio = 20°

Temperatura de operación del cable = 50°

## DETERMINACIÓN DE MATEMÁTICA DE LA CURVA A UTILIZAR

Como los vanos no superan los 300 m de largo, se usará la ecuación de la parábola para el cálculo de tensiones y flecha.

## ESTADO BASE

El estado base o estado inicial es aquel donde se conoce la temperatura inicial, tensión inicial y carga inicial.

La tensión inicial se tomará como la tensión de rotura del conductor dividida por un factor de 2.5, aplicada para la condición de temperatura a la que el fabricante da la tensión de rotura, ósea 20°C.

La velocidad máxima del viento en la zona es de 60 Km/h, la carga por viento se calculará así:

$$f_v = 0.0042V^2 D \left[ \frac{Kg}{m^2} \right] \quad (8)$$

V= velocidad del viento [Km/h]

D= diámetro del conductor

La fuerza resultante en el conductor debido a la carga del viento y el peso propio es:

$$f_c = \sqrt{P_c^2 + f_v^2} \quad (9)$$

Pc=peso del conductor [Kg/m]

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

---

## CALCULO DE TABLA DE TENDIDO.

La tabla de tendido se calcula para cada tramo o cantón, comprendido entre dos estructuras de retención a los extremos y sus respectivas estructuras de suspensión al medio.

Para el cálculo de la tabla de tendido se usa la ecuación de cambio de estado, que se describe a continuación:

$$\delta_i^3 + A\delta_i^2 = B \quad (10)$$

Dónde:

$$A = \left[ sE\alpha(T - T_0) + \frac{sEl^2 f_{c1}^2}{24\delta_0^2} - \delta_0 \right] \quad (11)$$

$$B = \frac{sEl^2 f_c^2}{24} \quad (12)$$

$\delta_i$ =Tensión en el estado i [Kgf]

$\delta_0$ =Tensión en el estado base [Kgf]

$s$ = Sección del conductor [mm<sup>2</sup>]

$E$ =Módulo de elasticidad del conductor [Kg/mm<sup>2</sup>]

$\alpha$ =Coeficiente de dilatación [1/°C]

$T$ =Temperatura del estado i [°C]

$T_0$ =Temperatura del estado base [°C]

$l$ =Longitud del vano regulador [m]

$f_c$ =Esfuerzo en el conductor para la condición final (*Vel viento =0*)

$f_{c1}$ =Esfuerzo en el conductor para la condición inicial

## CALCULO DE LA FLECHA:

Ecuación de la flecha para vanos a nivel con la ecuación de la parábola:

$$F = \frac{P_c x l^2}{8x\delta} \quad (13)$$

Dónde:

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

F= flecha en el centro del vano en m.

Pc= peso del conductor kg/m.

l= longitud del vano en m.

δ= tensión en el conductor en kgf.

## VANO DE REGULACIÓN:

Se calcula así:

$$Vano\ regulador = \sqrt{\frac{l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}} \quad (14)$$

Resolviendo las ecuaciones anteriores con ayuda del programa Excel, para diferentes temperaturas se tiene lo siguiente.

## TABLA DE TENDIDO-PARA RAMAL DE MT – 0.164 Km

Este ramal está compuesto por 1 cantón.

Los parámetros del estado base son:

Tensión estado base= 794.8 [daN]

Temperatura estado base=20 °

| Cantón N° 1                                  |             | Vano de regulación: |            | 43,58      | Apoyo inicial N°: P0 (PE4) |            |            | Apoyo final: PM1 |            |
|----------------------------------------------|-------------|---------------------|------------|------------|----------------------------|------------|------------|------------------|------------|
| Longitudes y flechas de cada vano del cantón |             |                     |            |            |                            |            |            |                  |            |
| Longitud del vano (m)                        |             | Vano 1              | Vano 2     | Vano 3     | Vano 4                     | Vano 5     | Vano 6     | Vano 7           | Vano 8     |
|                                              |             | 26                  | 48         | 47         | 43                         | 0          | 0          | 0                | 0          |
| Temperatura °C                               | Tense (daN) | Flecha (m)          | Flecha (m) | Flecha (m) | Flecha (m)                 | Flecha (m) | Flecha (m) | Flecha (m)       | Flecha (m) |
| 10                                           | 861,82      | 0,03                | 0,10       | 0,10       | 0,08                       | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00       |
| 15                                           | 820,59      | 0,03                | 0,11       | 0,10       | 0,08                       | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00       |
| 20                                           | 779,43      | 0,03                | 0,11       | 0,11       | 0,09                       | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00       |
| 25                                           | 738,35      | 0,03                | 0,12       | 0,11       | 0,09                       | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00       |
| 30                                           | 697,38      | 0,04                | 0,12       | 0,12       | 0,10                       | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00       |
| 35                                           | 656,53      | 0,04                | 0,13       | 0,13       | 0,11                       | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00       |
| 40                                           | 656,05      | 0,04                | 0,13       | 0,13       | 0,11                       | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00       |
| 45                                           | 575,35      | 0,04                | 0,15       | 0,14       | 0,12                       | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00       |
| 50                                           | 535,12      | 0,05                | 0,16       | 0,15       | 0,13                       | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00       |

Tabla11. tabla de tendido para T1

## CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS

Elovano: se define como el vano que permite calcular los esfuerzos transmitidos por el viento y es igual a la semisuma de los vanos adyacentes al apoyo.

$$Eolovano = \frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2} \quad (15)$$

Graviano: se define como vano pesante, equivalente al peso que produce en un apoyo los esfuerzos verticales y se calcula así:

$$Graviano = lxg_1 + lxg_2 \quad (16)$$

Dónde:

l=distancia entre el apoyo y el vértice de la catenaria

g= sobrecarga para cada vano

**Esfuerzos transversales:** son los debidos a la acción del viento y se calculan así:

$$\text{Para apoyos de fin de linea } (fv) = 3x fc \times \frac{L}{2} \quad (17)$$

$$\text{Para apoyos de alineacion y anclaje } (fv) = 3x fc x L \quad (18)$$

Dónde:

fc= sobrecarga por viento según ecuación (9)

L= Longitud vano

**Fuerzas longitudinales:** son las producidas por la tracción en un solo sentido, o diferencia de tracción a ambos lados del apoyo. Se calcula así:

$$\text{Para apoyos de fin de linea } (fl) = 3x 100\% T_{max} \quad (19)$$

$$\text{Para apoyos de anclaje } (fl) = 3x 50\% T_{max} \quad (20)$$

$$\text{Para apoyos de alineacion y de angulo } (fl) = 3x 8\% T_{max} \quad (21)$$

**NOTA:** El factor tres (3) se usa cuando la línea está compuesta por tres conductores, para este caso se tienen 3 conductores para MT, por tanto, se usará el factor 3

Los parámetros a usar son:

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

| Tipo de Red | Tmax [daN] | Fc [Kg/m] |
|-------------|------------|-----------|
| MT          | 794.8      | 0.26      |

Tabla 12. Parámetros de conductores.

**Fuerzas verticales:** son las debidas al peso que soporta el apoyo. Para este caso se deben al peso del cable, herrajes y transformadores (*según aplique*).

En las siguientes tablas se relaciona las diferentes fuerzas según el tipo de apoyo:

| N°  | tipo apoyo | vano anterior | vano posterior | eolovano | graviano |
|-----|------------|---------------|----------------|----------|----------|
| PM1 | AL         | 0             | 26             | 13,0     | 39,0     |
| PM2 | AC         | 26            | 48             | 37,0     | 111,0    |
| PM3 | AC         | 48            | 43             | 45,5     | 136,5    |
| PM4 | FL         | 47            | 0              | 23,5     | 70,5     |

Tabla 13. Eolovano y Graviano en los apoyos de MT.

| N°  | tipo apoyo | CR  | FT    | FL    | FV    |
|-----|------------|-----|-------|-------|-------|
| PM1 | AL         | 510 | 41,6  | 19,2  | 58,5  |
| PM2 | AC         | 510 | 118,4 | 120,0 | 166,5 |
| PM3 | AC         | 510 | 145,6 | 120,0 | 204,8 |
| PM4 | FL         | 750 | 75,2  | 240,0 | 105,8 |

Tabla 14. Esfuerzos en los apoyos de MT.

Dónde:

AL=apoyo de alineación.

AC= Apoyo de anclaje.

FL= apoyo fin de línea.

FV= Fuerzas verticales.

FT= fuerzas transversales.

FL= fuerzas longitudinales

## m. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA MEDIA TENSION

Para un transformador monofásico la intensidad en el lado primario ( $I_P$ ) se calcula así:

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

$$I_P = \frac{S}{V_P} \quad (22)$$

Dónde:

$I_P$  = Intensidad primaria en amperios.

$S$  = Potencia del Transformador en KVA.

$V_P$  = Tensión primaria en KV.

$$I_p = \frac{75.000VA}{\sqrt{3} \times 13.800V} = 3,14A$$

Para el proyecto se tiene un ramal de media tensión en disposición radial, del cual se conectará un transformador trifásico de 75 KVA. Por tanto, en el arranque del ramal se tiene la corriente total, equivalente a la corriente primaria nominal del transformador. Las protecciones a calcular serán la del seccionador de arranque de circuito. A continuación, se presenta la corriente nominal del transformador, en el arranque del ramal y el tipo de fusible a usar.

| KVA Transformador | $I_P(A)$ | Tipo de fusible |
|-------------------|----------|-----------------|
| 75                | 1,97     | 3K              |

Tabla 15. Corriente nominal de transformadores.

Se escoge un fusible tipo K (rápidos) con un amperaje de 3A.

## n. CALCULO DE CANALIZACIONES

Para la selección de la canalización se realiza de acuerdo a la tabla de la NTC Tabla 1, Capítulo 9, puesto que el diseño se proyecta a instalar con tubería EMT (expuesta)

|                             | DATOS CONDUCTOR: |         |                          | Material Dúcto o Tubería: |               |                        | PVC rígido Schedule 40 |                  |                              |
|-----------------------------|------------------|---------|--------------------------|---------------------------|---------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------------|
|                             | CANTIDAD         | CALIBRE | AISSLANTE                | Área [mm <sup>2</sup> ]   | Diámetro [mm] | Área[mm <sup>2</sup> ] | Área Disponib          | Límite Ocupamier | Ocupamiento [%] Verificación |
| TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC1 | 4                | 8       | THHN/THWN 600V 90°C      | 94,40                     | 1             | 536,77                 | 214,71                 | 40%              | 18% Cumple                   |
| TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC2 | 4                | 8       | THHN/THWN 600V 90°C      | 94,40                     | 1             | 536,77                 | 214,71                 | 40%              | 18% Cumple                   |
| TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC3 | 4                | 8       | THHN/THWN 600V 90°C      | 94,40                     | 1             | 536,77                 | 214,71                 | 40%              | 18% Cumple                   |
| TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC4 | 4                | 8       | THHN/THWN 600V 90°C      | 94,40                     | 1             | 536,77                 | 214,71                 | 40%              | 18% Cumple                   |
| TABLERO BOMBAS TC5          | 4                | 8       | THHN/THWN 600V 90°C      | 94,40                     | 1             | 536,77                 | 214,71                 | 40%              | 18% Cumple                   |
| TABLERO TTA                 | 4                | 8       | THHN/THWN 600V 90°C      | 94,40                     | 1             | 536,77                 | 214,71                 | 40%              | 18% Cumple                   |
| TGD                         | 4                | 2       | THHW/THW 600V 75 y 90 °C | 344,00                    | 2             | 2123,22                | 849,29                 | 40%              | 16% Cumple                   |
| TC SCI                      | 4                | 2       | THHW/THW 600V 75 y 90 °C | 344,00                    | 2             | 2123,22                | 849,29                 | 40%              | 16% Cumple                   |

Tabla 16. Número de conductores por tubería PVC

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

| Letras de tipo           | Sección transversal del conductor |               | Tamaño comercial |         |         |           |           |         |           |         |           |          |
|--------------------------|-----------------------------------|---------------|------------------|---------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|----------|
|                          | mm <sup>2</sup>                   | AWG/<br>kcmil | mm<br>Pulgadas   |         |         |           |           |         |           |         |           |          |
|                          |                                   |               | 16<br>½          | 21<br>¾ | 27<br>1 | 35<br>1 ¼ | 41<br>1 ½ | 53<br>2 | 63<br>2 ½ | 78<br>3 | 91<br>3 ½ | 103<br>4 |
| THHN,<br>THWN,<br>THWN-2 | 2,08                              | 14            | 12               | 22      | 35      | 61        | 84        | 138     | 241       | 364     | 476       | 608      |
|                          | 3,30                              | 12            | 9                | 16      | 26      | 45        | 61        | 101     | 176       | 266     | 347       | 443      |
|                          | 5,25                              | 10            | 5                | 10      | 16      | 28        | 38        | 63      | 111       | 167     | 219       | 279      |
|                          | 8,36                              | 8             | 3                | 6       | 9       | 16        | 22        | 36      | 64        | 96      | 126       | 161      |
|                          | 13,29                             | 6             | 2                | 4       | 7       | 12        | 16        | 26      | 46        | 69      | 91        | 116      |
|                          | 21,14                             | 4             | 1                | 2       | 4       | 7         | 10        | 16      | 28        | 43      | 56        | 71       |
|                          | 26,56                             | 3             | 1                | 1       | 3       | 6         | 8         | 13      | 24        | 36      | 47        | 60       |
|                          | 33,62                             | 2             | 1                | 1       | 3       | 5         | 7         | 11      | 20        | 30      | 40        | 51       |
|                          | 42,20                             | 1             | 1                | 1       | 1       | 4         | 5         | 8       | 15        | 22      | 29        | 37       |
|                          | 53,50                             | 1/0           | 1                | 1       | 1       | 3         | 4         | 7       | 12        | 19      | 25        | 32       |
|                          | 67,44                             | 2/0           | 0                | 1       | 1       | 2         | 3         | 6       | 10        | 16      | 20        | 26       |
|                          | 85,02                             | 3/0           | 0                | 1       | 1       | 1         | 3         | 5       | 8         | 13      | 17        | 22       |
|                          | 107,21                            | 4/0           | 0                | 1       | 1       | 1         | 2         | 4       | 7         | 11      | 14        | 18       |

Tabla 17. (según la Tabla 1, Capítulo 9)

## o. CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGIA

Para calcular las pérdidas se usará la siguiente ecuación:

$$P = I^2 x R = I^2 x \frac{\rho x 2 x L}{S} \quad (23)$$

Dónde:

I = corriente en Amperios.

ρ = resistividad (Ω.mm<sup>2</sup>/m).

L = longitud conductora (m).

S = sección transversal del conductor en mm<sup>2</sup>

En las siguientes tablas se muestran las perdidas en W para los diferentes ramales. Se aclara que el conductor para MT es ACC 1/0 AWG

| Tramo   | Seccion mm <sup>2</sup> | Longitud (m) | ρ (Ω.mm <sup>2</sup> /m) | Corriente (A) | Potencia (W) | Perdidas (W) | % perdidas |
|---------|-------------------------|--------------|--------------------------|---------------|--------------|--------------|------------|
| PM0-PM1 | 53,5                    | 26           | 0,032                    | 3,46          | 71200        | 0,37         | 0,001%     |
| PM1-PM2 | 53,5                    | 48           | 0,032                    | 3,46          | 71200        | 0,69         | 0,001%     |
| PM2-PM3 | 53,5                    | 47           | 0,032                    | 3,46          | 71200        | 0,67         | 0,001%     |
| PM3-PM4 | 53,5                    | 43           | 0,032                    | 3,46          | 71200        | 0,62         | 0,001%     |

Tabla 18. Perdidas en MT.

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

| TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL PISO 1 |                                                                                                         | CARGA W | CARGA VA | TENSION | I CORRIENTE | I max | CALIBRE CONDUCTOR | RESISTENCIA MAX a 20°C CC Ω/m | RESISTIVIDAD Ω*mm2/m | AREA mm2 | LONGITUD m | PÉRDIDA DE ENERGÍA | % PÉRDIDA DE ENERGÍA |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------|-------------|-------|-------------------|-------------------------------|----------------------|----------|------------|--------------------|----------------------|
| TGD                                    | Iluminación: Cuarto eléctrico-Sistema hidroneumático-Depósito de basuras- Lavandería-Lavado de dotación | 198     | 208      | 120     | 1,74        | 2,17  | 12                | 0,00543                       | 0,0175               | 4,52     | 23         | 0,54               | 0,27%                |
|                                        | Tomas Lavandería                                                                                        | 360     | 379      | 120     | 3           | 4     | 12                | 0,00543                       | 0,0175               | 4,52     | 18         | 1,39               | 0,39%                |
|                                        | Tomas Cuarto eléctrico-Bombas                                                                           | 360     | 379      | 120     | 3           | 4     | 12                | 0,00543                       | 0,0175               | 4,52     | 8          | 0,62               | 0,17%                |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC1                                                                             | 6570    | 6916     | 220     | 18          | 23    | 8                 | 0,00214                       | 0,0175               | 8,55     | 18         | 24,32              | 0,37%                |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC2                                                                             | 8380    | 8821     | 220     | 23          | 29    | 8                 | 0,00214                       | 0,0175               | 8,55     | 30         | 65,94              | 0,79%                |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC3                                                                             | 8488    | 8935     | 220     | 22          | 28    | 8                 | 0,00214                       | 0,0175               | 8,55     | 25         | 50,88              | 0,60%                |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC4                                                                             | 5742    | 6044     | 220     | 15          | 19    | 8                 | 0,00214                       | 0,0175               | 8,55     | 54         | 50,30              | 0,88%                |
|                                        | TABLERO BOMBAS TC5                                                                                      | 4476    | 5266     | 220     | 14          | 17    | 10                | 0,00341                       | 0,0175               | 5,73     | 8          | 9,36               | 0,21%                |
|                                        | TABLERO TTA                                                                                             | 5574    | 5867     | 220     | 15          | 19    | 10                | 0,00341                       | 0,0175               | 5,73     | 8          | 11,62              | 0,21%                |

Tabla 19. Perdidas en CT1.

## p. CALCULOS DE REGULACION

Para calcular la caída de tensión en un sistema trifásico, se usará la siguiente formula. Se supondrá un sistema trifásico equilibrado, por tanto, el cálculo se hará para una fase y tomará igual para las demás.

$$\Delta V = \sqrt{3} \times L \times I \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (24)$$

Dónde:

$\Delta V$  = Caída de voltaje (V)

L = longitud del tramo (m)

I = corriente del tramo (A)

R = resistencia del cable (Ω/m)

X = reactancia del cable (Ω/m)

$\phi$  = Angulo entre corriente y voltaje

En las siguientes tablas se muestra las características de cada circuito, su conductor y caída de tensión en cada tramo.

| N° Tramo | N° Fases | W/Usuario | N° Usuarios Tramo | Longitud m | V inicio tramo (V1) | V final tramo (V2) | FP  | R Ω/m     | X Ω/m     | $\phi$ | Potencia Total tramo W | Corriente A | $\Delta V$ | % $\Delta V$ Acumulado |
|----------|----------|-----------|-------------------|------------|---------------------|--------------------|-----|-----------|-----------|--------|------------------------|-------------|------------|------------------------|
| PO-PM1   | 3        | 71200     | 1                 | 26         | 13200,0             | 13199,9            | 0,9 | 0,0006959 | 0,0004076 | 0,45   | 71200                  | 3,46        | 0,13       | 0,001%                 |
| PM1-PM2  | 3        | 71200     | 1                 | 48         | 13199,9             | 13199,6            | 0,9 | 0,0006959 | 0,0004076 | 0,45   | 71200                  | 3,46        | 0,23       | 0,003%                 |
| PM2-PM3  | 3        | 71200     | 1                 | 47         | 13199,6             | 13199,4            | 0,9 | 0,0006959 | 0,0004076 | 0,45   | 71200                  | 3,46        | 0,23       | 0,004%                 |
| PM3-PM4  | 3        | 71200     | 1                 | 43         | 13199,4             | 13199,2            | 0,9 | 0,0006959 | 0,0004076 | 0,45   | 71200                  | 3,46        | 0,21       | 0,006%                 |

Tabla 20. Regulación de voltaje para MT.

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

| TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL PISO 1 |                                                                                                         | CARGA W | CARGA VA | TENSION | I CORRIENTE | I max | CALIBRE CONDUCTOR | RESISTENCIA MAX a 20°C CC Ω/m | RESISTIVIDAD Ω*mm2/m | AREA mm2 | LONGITUD m | CAIDA DE TENSIÓN ρ | % CAIDA DE TENSIÓN ρ |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------|-------------|-------|-------------------|-------------------------------|----------------------|----------|------------|--------------------|----------------------|
| TGD                                    | Iluminación: Cuarto eléctrico-Sistema hidroneumático-Depósito de basuras- Lavandería-Lavado de dotación | 198     | 208      | 120     | 1,74        | 2,17  | 12                | 0,00543                       | 0,0175               | 4,52     | 23         | 0,31               | 0,26%                |
|                                        | Tomas Lavandería                                                                                        | 360     | 379      | 120     | 3           | 4     | 12                | 0,00543                       | 0,0175               | 4,52     | 18         | 0,44               | 0,37%                |
|                                        | Tomas Cuarto eléctrico-Bombas                                                                           | 360     | 379      | 120     | 3           | 4     | 12                | 0,00543                       | 0,0175               | 4,52     | 8          | 0,20               | 0,16%                |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC1                                                                             | 6570    | 6916     | 220     | 18          | 23    | 8                 | 0,00214                       | 0,0175               | 8,55     | 18         | 1,34               | 0,61%                |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC2                                                                             | 8380    | 8821     | 220     | 23          | 29    | 8                 | 0,00214                       | 0,0175               | 8,55     | 30         | 2,85               | 1,29%                |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC3                                                                             | 8488    | 8935     | 220     | 22          | 28    | 8                 | 0,00214                       | 0,0175               | 8,55     | 25         | 2,28               | 1,04%                |
|                                        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC4                                                                             | 5742    | 6044     | 220     | 15          | 19    | 8                 | 0,00214                       | 0,0175               | 8,55     | 54         | 3,33               | 1,52%                |
|                                        | TABLERO BOMBAS TC5                                                                                      | 4476    | 5266     | 220     | 14          | 17    | 10                | 0,00341                       | 0,0175               | 5,73     | 8          | 0,68               | 0,31%                |
|                                        | TABLERO TTA                                                                                             | 5574    | 5867     | 220     | 15          | 19    | 10                | 0,00341                       | 0,0175               | 5,73     | 8          | 0,75               | 0,34%                |
|                                        |                                                                                                         | 40148   | 42815    | 220     | 112         | 141   | 2                 | 0,000544                      | 0,0175               | 46,57    | 26         | 2,20               | 1,00%                |
| CUARTO DE MÁQUINAS                     |                                                                                                         | CARGA W | CARGA VA | TENSION | I CORRIENTE | I max | CALIBRE CONDUCTOR | RESISTENCIA MAX a 20°C Ω/m    | RESISTIVIDAD Ω*mm2/m | AREA mm2 | LONGITUD m | CAIDA DE TENSIÓN ρ | % CAIDA DE TENSIÓN ρ |
| TC-SCI                                 | BOMBA SCI 25HP                                                                                          | 18650   | 27426    | 220     | 68          | 78    | 4                 | 0,000865                      | 0,0175               | 21,24    | 4          | 44,81%             | 0,20%                |
|                                        | BOMBA JOCKEY 5HP                                                                                        | 3730    | 4388     | 220     | 14          | 16    | 10                | 0,00341                       | 0,0175               | 5,73     | 3          | 24,93%             | 0,11%                |
|                                        | BOMBA DE FONDO                                                                                          | 746     | 878      | 120     | 5           | 6     | 10                | 0,00341                       | 0,0175               | 5,73     | 3          | 9,14%              | 0,08%                |
|                                        |                                                                                                         | 23126   | 32692    | 220     | 84          | 97    | 2                 | 0,000544                      | 0,0175               | 46,57    | 50         | 316,78%            | 1,44%                |

Tabla 21. Regulación de voltaje para TC1.

De las tablas anteriores se puede observar que se cumple con la condición de no superar el 3% de caída de tensión para MT y el 5% de caída de tensión para BT.

## q. CLASIFICACION DE AREAS

La edificación proyectada no presenta áreas especiales

## r. DIAGRAMAS UNIFILARES

Ver plano anexo.

## s. ELABORACION DE PLANOS Y ESQUEMAS PARA CONSTRUCCION

Ver plano anexo.

## t. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS

No aplica.

## u. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

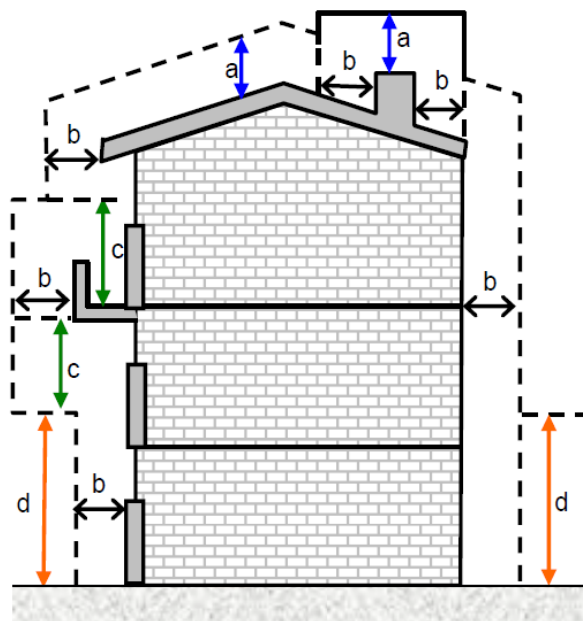
Para las distancias de seguridad, se garantiza dar cumplimiento al numeral 13.2 el RETIE. El diseño se proyectó en una zona urbana, no se presenta conflicto con acercamientos a viviendas ya que se cuenta con la distancia suficiente entre los apoyos, también con las distancias de la red respecto al piso. La red de BT se construirá con cable aislado por bajante y subterránea, por tanto, se garantiza la seguridad para los usuarios y operarios del sistema.

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

| DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES                                                                                                                                                                                                              |                                  |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------|
| Descripción                                                                                                                                                                                                                                                              | Tensión nominal entre fases (kV) | Distancia (m) |
| Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 13.1). | 44/34,5/33                       | 3,8           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          | 13,8/13,2/11,4/7,6               | 3,8           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          | <1                               | 0,45          |
| Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 13.1)                                                                                                        | 66/57,5                          | 2,5           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          | 44/34,5/33                       | 2,3           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          | 13,8/13,2/11,4/7,6               | 2,3           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          | <1                               | 1,7           |
| Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 13.1)                                                                                                   | 44/34,5/33                       | 4,1           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          | 13,8/13,2/11,4/7,6               | 4,1           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          | <1                               | 3,5           |
| Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 13.1) para vehículos de más de 2,45 m de altura.                                                                                                   | 115/110                          | 6,1           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          | 66/57,5                          | 5,8           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          | 44/34,5/33                       | 5,6           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          | 13,8/13,2/11,4/7,6               | 5,6           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          | <1                               | 5             |



Las distancias más importantes a tener en cuenta, son la altura mínima respecto al suelo de las líneas de MT y BT. Para las líneas de MT se garantiza una altura mínima de 5.6 m y para las de BT de 5 m.

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

*Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías*

---

## **v. JUSTIFICACIONES TECNINCAS DE DESVIACIONES DE LA NTC 2050.**

No existen desviaciones de la NTC 2050.

## **w. LOS DEMÁS ESTUDIOS QUE SE REQUIERAN**

No se requieren estudios especializados, aparte de los que se presentan en este informe.

**ATT**



---

**Ing. ALEXANDER RUEDA HUACA**

**Ing. Electromecánico**

**TP: CN 250-48182**

# MIGUEL ROBLES S.A.S.

NIT. 901.252.893-1

*Servicios Profesionales en Ingeniería Civil  
Especialidad en Diseño, Construcción y Conservación de Vías*

---

## MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, SERGEY ALEXANDER RUEDA HUACA, identificado con cédula de ciudadanía No. 18.128.653 de Mocoa (Putumayo), de profesión Ingeniero Eléctromecánico con T.P. No.CN 250-481182, por medio del presente documento declaro que asumo toda responsabilidad por el contenido, cálculos, memorias, imágenes, tablas, planos y demás datos técnicos contenidos en el presente **INFORME DE DISEÑO ELÉCTRICO, TELEFÓNICO, DISEÑO DE VOZ Y DATOS**, elaborado en el marco del contrato de consultoría No. No. 86003992024, cuyo objeto es Estudios y Diseños del Centro de Desarrollo Infantil San Francisco del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), Regional Putumayo  
Dado en la ciudad de Mocoa (Putumayo), a los siete (07) días del mes de abril de 2025.



**Ing. Sergey Alexander Rueda Huaca**  
Matrícula Profesional No CN 250-481182