- Diámetro del conductor: 8 mm

Datos de cálculo del transformador:

- Capacidad: 75 kVA
- Peso del transformador: 485 daN.
- Superficie del transformador:0.7052 m^2.
- Superficie aparamenta: 50 m^2.

Datos de cálculo del poste de concreto 12m*750 kgf:

- h: altura libre del apoyo: 10.2m
- I: distancia del eje del apoyo al eje del trafo (m): 0.61m
- Transformador a 7m Situado en cara opuesta de la línea: (+E)
- Tensión de rotura: 735 dAN

Para realizar el cálculo mecánico del apoyo que soportara en el transformador proyectado de 75 KVA $F_{CT\ (daN)}$, se realiza la suma aritmética de todos los esfuerzos que intervienen como casos más desfavorables.

Esfuerzo en punta del apoyo seleccionado $\geq F_{CT\ (daN)}$

El esfuerzo en punta en el apoyo para el transformador $F_{CT\ (daN)}$ viene dado por la siguiente expresión:

$$F_{CT} = F_{DT} + F_{v} + F_{vt(eq)} + F_{vap(eq)} \pm E$$

A continuación, se resumen los respectivos calculo simplificados

F_{DT}: Esfuerzo por desequilibrio de tracciones → $F_{DT}(daN) = n \cdot Tm$

$n = n^{o}\ conductores$

$T_m = \frac{CR}{3}\ (Tensión\ máxima)$

F_V: Esfuerzo de viento sobre conductores y cadenas de aisladores → $F_V(daN) = F_{vcond} + F_{vca}$

$n = n^{\underline{o}}\ conductores$

$F_{vcond} = n \cdot \frac{1}{2} \cdot ajk \cdot F_{vu}$

$F_{vu} = P_v\ (69{,}99 \frac{daN}{m^2}) \cdot \emptyset_{cond}$

$ajk = Vano$

$F_{vca} = P_v \cdot S_{ca} \approx F_{vca} = n_{ap} \cdot 4\ daN\ (20\ kV)$

$n_{ap} = número\ de\ aparamenta$

$F_{vt(eq)}$: Esfuerzo de viento equivalente sobre el transformador → $F_{vt(eq)}(daN) = \frac{F_{vthtrafo}}{H_u}$

$F_{vt}\ (daN) = P_v(116{,}66\ \frac{daN}{m^2}) \cdot S_t$

$H_{trafo}\ (m) = Altura\ del\ transformador\ al\ terreno$

$H_u(m) = Altura\ útil\ del\ apoyo$

$F_{vap(eq)}$: Esfuerzo de viento equivalente sobre aparamenta → $F_{vap(eq)}(daN) = \frac{F_{vap} \cdot H_{ap}}{H_u}$

$F_{vap}\ (daN) = P_v(116{,}66\ \frac{daN}{m^2}) \cdot S_{an}$

$H_{ap}\ (m) = Altura\ de\ la\ aparamenta\ al\ terreno$

$H_u(m) = Altura\ útil\ del\ apoyo$

E: Esfuerzo equivalente en cogolla por descentramiento del transfo. → $E\ (daN) = \frac{P_t \cdot l}{H_u}$

$P_t\ (daN) = Peso\ del\ transformador$

$l\ (m) = Distancia\ desde\ el\ eje\ del\ apoyo\ al\ eje\ del\ trafo$

$H_u\ (m) = Altura\ útil\ del\ apoyo$

Resultados:

Descripción	Carga en daN
FDT: Esfuerzo por desequilibrio de tracciones	1290
Fv: esfuerzo de viento sobre conductores y cadena de aisladores	78.35
Fvt(eq): Esfuerzo de viento equivalente sobre el transformador	56.45
Fvap(eq): Esfuerzo de viento equivalente sobre el transformador	45.74
E: Esfuerzo equivalente en cogolla por descentramiento del transformador	38.03
FCT: esfuerzo en punta en el apoyo para el transformador	**1508.59**

Luego se analizan las características del poste. En el presente diseño usaremos el poste de 12mx750 kgf. Con una tensión de rotura de 735 kg aplicada a 10,2m desde la base.

El momento máximo de este apoyo es:

$$L = F.d$$

$$M(kg.m) = 735\ daN * 10.2m$$

$$M(kg.m) = 7276.5\ daN.m$$

El poste debe cumplir con un factor de seguridad de 2,5.

$$Mneto = \frac{7497}{2.5} = 2998.8\ daN.m$$

Conclusión:

El esfuerzo en punta del apoyo proyectado es de 2998.8 ≥ FCT (1508.59 daN), cumple con los cálculos mecánicos para ser utilizado.

M. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRE CORRIENTES. EN BAJA TENSIÓN SE PERMITE LA COORDINACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LOS DISPOSITIVOS SEGÚN IEC 60947-2 ANEXO A.

En este ítem, se presentan los cálculos y curvas obtenidas como resultado de las simulaciones en el Software LSPS para los cálculos de corrientes de cortocircuito en cada uno de los ramales y barrajes del sistema; además del estudio de coordinación de protecciones donde se evidencia de forma gráfica el comportamiento termomagnético de las curvas asociadas a los diferentes tipos de interruptores ACB, MCCB y MCB de la marca LS de LG mediante el software LSPS de este fabricante; el cual se ha seleccionado como referencia para este informe.

El cálculo y coordinación de protecciones se encuentra dentro de las exigencias establecidas por el RETIE 2024.

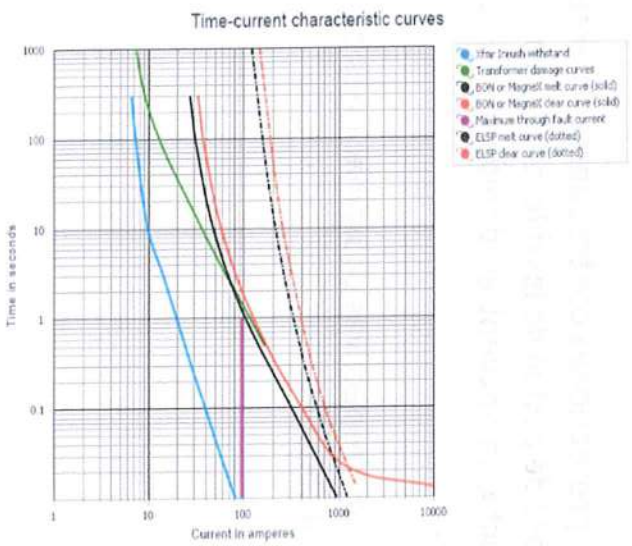
Para el cálculo de las protecciones se tiene en cuenta que su valor no debe ser superior a la capacidad de conducción en amperios correspondiente a la del conductor que va a proteger.

El cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorriente se realiza con el fin de verificar que los tiempos de acción de las diferentes protecciones eléctricas que forman parte del proyecto, se encuentran debidamente coordinados según su posición en la instalación.

A continuación, se resumen las respectivas coordinaciones de protecciones, en relación al diagrama unifilar diseñado.

M.1. Curvas de Corriente Mínimo de Fusión en M.T.

- **TRANSFOMADOR No 1-75 kVA**





NOTA: La selección de los fusibles para la protección en el lado primario del transformador de 75 kVA para la protección de corrientes de cortocircuito y sobrecarga, estuvo basada en la norma NCT 2797.

La corriente nominal del transformador se calculó de la siguiente manera:

$$I_l = \frac{Potencia\ en\ (VA)}{\sqrt{3} * Tensión\ en\ (V)}$$

$$I_l = \frac{75000\ VA}{\sqrt{3} * 13200\ V}$$

$$I_l = 3.28\ A \cong 4\ Amp$$

Tiempo (s)	Corriente (A)
0,1	366.704
2	82
10	37.064
30	20.664
60	15.58
300	9.84
1800	6.56

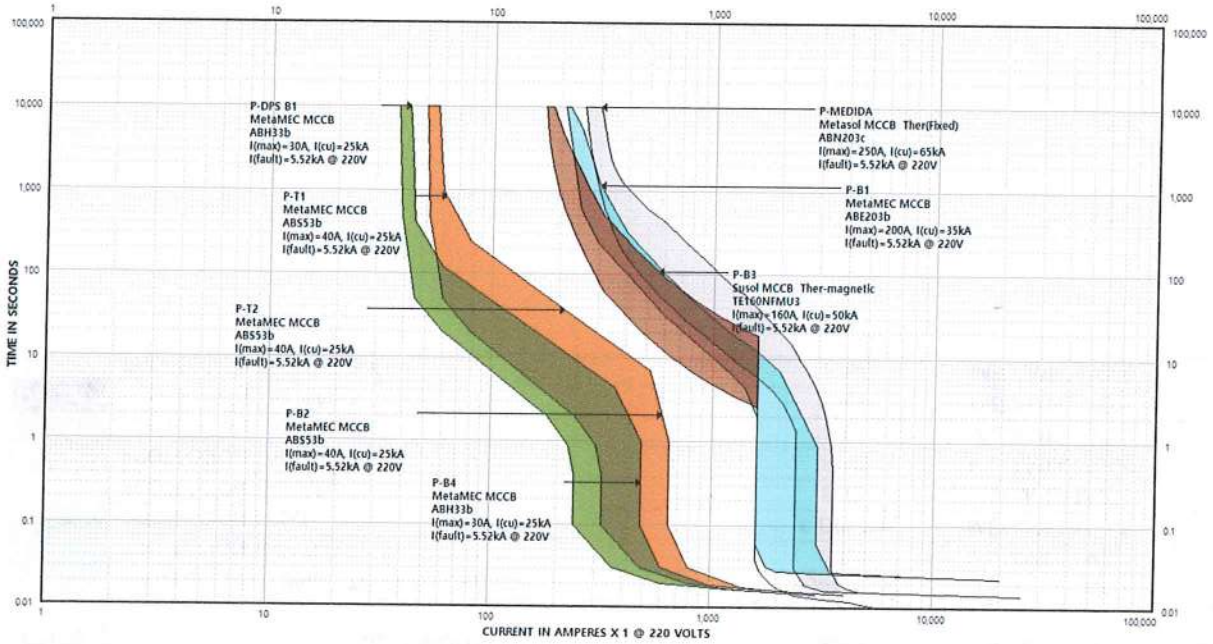
Curva de capacidad térmica para un transformador trifásico 75 KVA -13200 V/220V
Fuente: Propia

Tiempo (s)	Corriente (A)
0,01	82
0,10	39.36
1,00	19.68
10,00	9.84

Curva de corriente de conexión para un transformador trifásico 75 KVA -13200 V/220V
Fuente: Propia

Figura M2.1 Curvas de Corriente Mínimo de Fusión en M.T.

M.2. Comportamiento Termomagnético De Las Referencias De Interruptores Marca LS de LG



Nota: Los interruptores que se muestran a continuación cumplen los niveles de **Icu** e **Ics** calculados mediante el software **LSPS**, y se han escogido como referencia para la coordinación de protecciones exigidas por el RETIE 2024 en el artículo 3.3.1.1 literal m. A continuación, se muestran los ramales más representativos del proyecto; superponiendo la curva termomagnética en cada uno de los interruptores

Figura 5 Curvas de Coordinación de Protecciones entre los Nodos de Protección en B.T. y salida del Tablero General Distribución B1.

Tabla 16. Resumen de Datos de Curvas de Coordinación de Protecciones entre los Nodos de Protección en M.T. y salida del Tablero General de Distribución B3.

COLOR	DESCRIPCION	CODIGO	REFERENCIA	CAPACIDAD (A)	I (faul) (KA)	Icu (KA)
	PROTECCION GENERAL TABLERO MEDIDA	P-MEDIDA	METASOL MCCB	250	5.52	65
	PROTECCION TABLERO B1	P-B1	METAMEC MCCB	200	5.52	35
	PROTECCION DPS-1	P-DPS B1	METAMEC MCCB	30	5.52	25
	PROTECCION TABLERO T1	P-T1	METAMEC MCCB	40	5.52	25
	PROTECCION TABLERO T-2	P-T2	METAMEC MCCB	40	5.52	25
	PROTECCION TABLERO B-2	P-B2	METAMEC MCCB	40	5.52	25
	PROTECCION TABLERO B-3	P-B3	METAMEC MCCB	150	5.52	50
	PROTECCION TABLERO B-4	P-B4	METAMEC MCCB	30	5.52	25

M.4. Selección De Marca De Interruptores

Como se evidenció en los numerales anteriores; la marca que se seleccionó como referencia desde el diseño para la coordinación de protecciones es **LS** de **LG**; sin embargo, en caso de que se utilice otra marca diferente; esta debe presentar características técnicas iguales o superiores y tener un precio en el mercado igual o inferior dicha marca seleccionada para estos cálculos. Además, debe contar con software de coordinación de protecciones para la adecuada selección de referencias y sus respectivas curvas termomagnéticas; con el fin evidenciar de forma gráfica la asertiva selectividad entre las protecciones de los diferentes ramales del sistema; ya que las curvas y especificaciones técnicas varían entre los diferentes fabricantes.

Aclaración importante: Para efectos de garantizar Alta Confiabilidad y Robustez Técnica de los interruptores seleccionados en el proyecto ante eventuales sobrecargas o cortocircuitos reiterativos en el sistema; todos los Interruptores MCCB fijos hasta 800 Amperios, deben garantizar cumplir con las condiciones técnicas que indiquen:

Ics = 100Icu, **Ue>=** 750Voltios e **Uimp>=** 8KV; donde bajo Norma IEC60947-2 indican lo siguiente:

- **Ics** (Corriente de corte en servicio)
- **Icu** (Capacidad de Ruptura última)
- **Ue** (Tensión de Aislamiento)
- **Uimp** (Tensión de Impulso)

M.5. Cálculo del DPS

Consideraciones:

- ✓ Sistema sólidamente aterrizado.
- ✓ Pararrayos de Óxido de zinc (ZnO).

La tensión nominal de pararrayos de ZnO, se encuentra teniendo en cuenta los siguientes parámetros.

- Seleccionamos el voltaje máximo de operación continua **(MCOV).**

$$MCOV = \frac{Vff}{\sqrt{3}} * FactorTOV$$

Donde el factor de sobre voltaje temporal **(TOV)** que considera el aumento de tensión temporal y de acuerdo a la Norma ANSI C62.11-1987, se toma como **1,06.**

Como el sistema proyectado es de **13,2 KV** con neutro sólidamente conectado a tierra, entonces el **MCOV** es:

$$MCOV = \frac{13.2}{\sqrt{3}} * 1.06 = 8.07 \text{ KV}$$

- El factor de aterrizamiento del sistema.

Este factor considera el aumento transitorio de tensión a que se someten las fases no falladas durante una falla a tierra y el cual depende del tipo de aterrizamiento del neutro del sistema. En este proyectado se tiene un sistema con neutro sólidamente aterrizado, por lo que el factor es de **1.4.**

La tensión nominal del pararrayos debe entonces seleccionarse como igual o mayor al producto de la tensión máxima de operación **(MCOV)** y el factor de aterrizamiento, por lo tanto, tenemos:

$$Vn\ pararrayos = (MCOV)(FA)$$

$$Vn\ pararrayos = (8.07)(1.4)$$

$$Vn\ pararrayos = 11.298\ KV$$

Se selecciona DPS de Voltaje nominal Normalizado **12 KV** que se ubicaran en el punto de la estructura del transformador de 75 KVA, los cuales cumplen con las siguientes características:

Tabla 17. Características de los DPS.

PARAMETROS	UNIDAD	DPS
Tensión de servicio	kV	13,2
Tensión máxima de servicio	kV	14,5
Tensión nominal del descargador	kV (rms)	12
Frecuencia nominal	Hz	60
Nivel básico de aislamiento BIL	kV	110
MCOV trifásico 3 hilos	kV (eficaz)	10,2
Tensión sostenida (1") 60 Hz en seco	kV	36
Corriente nominal de descarga para onda de 8/20 µs	kA (eficaz)	10
Corriente de descarga para onda de 8/20 µs	kA	10
Máxima tensión de cebado	kV	68
Tensión residual máxima para intensidad nominal de descarga con onda de 8/20 µs	kV (cresta)	44
Tensión residual máxima para onda de impulso de 10 kA pico a 0,5 µs	kV (cresta)	50
Intensidad máxima de descarga con onda de 4/10 µs	kA (cresta)	100
Intensidad máxima de descarga con onda rectangular de 2000 µs	A (cresta)	250
Factor de puesta a tierra		0,8
Factor de seguridad mínimo de aislamiento		1,4